

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

VILLE TASKINEN

**MIEHITTÄMÄTTÖMIEN LENTOKONEIDEN LAUKAISUALUSTAN
VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN**

Diplomityö

Tarkastaja: Seppo Torvinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, Kone- ja Materiaali-
tekniikan tiedekunnan
kokouksessa 2. kesäkuuta 2010

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

TASKINEN, VILLE: Miehittämättömien lentokoneiden laukaisualustan valmistuksen kehittäminen

Diplomityö, 97 sivua, 8 liitesivua

Heinäkuu 2010

Pääaine: Tuotantotekniikka

Tarkastaja: professori Seppo Torvinen

Avainsanat: valmistuksen kehittäminen, laatu, tuotanto, valmistusohje

TIIVISTELMÄ

Valmistuksen jatkuva kehittäminen koneenrakennuksessa tai laitevalmistuksessa on kilpailukykyisen ja toimivan valmistuksen perusedellytys. Erikoistuotteen pienimääräisessä yksittäisvalmistuksessa kehitystyö on erityisen tärkeässä roolissa. Toisaalta on myös erittäin tärkeää, että valmistus kykenee helposti ja yksinkertaisesti hallinnoimaan sekä toteuttamaan kehitystyön tai muiden osa-alueiden aiheuttamia muutoksia. Järjestelmällinen valmistuksen hallinta on avain onnistuneeseen ja laadukkaaseen valmistusprojektiin. Tässä diplomityössä käsitellään UAV-laukaisualustan valmistuksen kehittämistä sekä annetaan yleiskuva kehitystyön saavuttamista tuloksista. Työn tarkoituksena on kuvata kehitysprojektin etenemistä viimeisten vuosien aikana sekä selventää tämän vaikutuksia valmistuksen kokonaistilanteeseen.

Tämän diplomityön päätavoitteina ovat UAV-laukaisualustan valmistusprosessin kehittäminen sekä tapahtuneen kehitystyön kuvaaminen eri valmistusosa-alueiden käsittelyn kautta. Sivutavoitteiksi voidaan sanoa muodostuneen valmistustietämyksen jakaminen sekä tarkempi tutustuminen laatuasioihin ja näin ollen itse laatutietoisuuden kasvattaminen. Työn rakenne noudattelee pääosin yleistä teknistä linjaa. Alussa johdatellaan lukija aiheeseen ja kirjallisuustutkimusosassa tarkastellaan suppeasti varsin yleisiä ja laaja-alaisia teoria-aiheita valmistuksen kehittämisen osa-alueilta. Soveltava osuus muodostaa tämän diplomityön ytimen. Valmistusprojektin lähtötaso -osuudessa käsitellään alkutilannetta yleisellä tasolla. Valmistuksen kehittäminen -osuudessa syvennyttään eri osa-alueiden lähtötasoon tarkemmin ja käydään kehitystyötä lävitse. Osiossa luotellaan myös kehitystyön tuloksia yksityiskohtaisemmalla tasolla. Varsinaisessa tulokset -osiossa kehitystyön vaikutuksia pohditaan yleisemmällä ja syvemmällä tasolla. Jatko-toimenpiteet -osiossa luotellaan muutamia tärkeimpiä jatkokehityskohteita, joita diplomityön aikana on tullut esiin.

Työn tuloksena UAV-laukaisualustan valmistaminen on kehittynyt huomattavasti monessa suhteessa. Valmistuksen ja laadun kehittäminen on jatkuva prosessi ja kehitystyön on jatkuttava. Kehitettävää on vielä runsaasti ja monia uusia kehittämiskohteita ja -ideoita ilmaantui tämän projektin yhteydessä. Toimiviksi ja hyviksi todettujen valmistuskäytäntöjen ja -tapojen laajentaminen koskemaan koko kohdeyrityksen toimintaa on haasteellinen, mutta toteuttamiskelpoinen jatkotoimenpide. Osittainen laatujärjestelmään tutustuminen antoi hyvän pohjan tulevaisuuden työtehtäville. Tarkoituksena olisi jatkaa teknillis-tieteellistä toimintaa ja ottaa käsittelyyn yrityksen laatukäsikirja ja koko laatujärjestelmä. Laatukäsikirja olisi tarkoitus päivittää vastaamaan nykyaikaa sekä samalla uudistaa ja uudelleen rakentaa kohdeyrityksen vajavainen laatujärjestelmä; yleinen laatutoiminta tulisi saada paremmin toimintaan ja laatutasoa kasvatettua kaikilla osa-alueilla.

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

TASKINEN, VILLE: Developing the Manufacture of UAV-launchers

Master of Science Thesis, 97 pages, 8 Appendix pages

July 2010

Major: Production engineering

Examiner: Professor Seppo Torvinen

Keywords: Quality Development, Manufacturing, Production

ABSTRACT

Continuous development in mechanical engineering and production is a base of competitive and functional manufacturing. The development work of single-manufactured special products has a particularly great importance. At the same time, it is very important that the manufacturing department could simply and easily manage, control and accomplish the implemented modifications. Organized control of manufacture is a key to any successful and quality manufacture project. This master's thesis handles developing the manufacture of UAV-launchers and gives a wide overview of its results. Purposes of this work are to illustrate the progression of development projects during the last years and to clarify their effects on the overall manufacturing situation.

Main goals of this master's thesis are developing the manufacture process of UAV-launchers and describing this development through different sectors of manufacture. Sharing the knowledge of manufacture information and familiarizing with quality matters and consequently growing the quality knowledge are secondary goals. The structure of this work follows mainly the common technical form. Introduction inducts to the subject, literature research examines quite common and wide theories concerning developing the manufacture. The applied part constitutes the substance of this work. First it handles the starting level of manufacture projects at a common level. The part dealing with developing the manufacture goes deeper to the different manufacturing sectors, handling more specifically their starting level, detailed developing processes and results. The results part contemplates effects of the developing work mostly on a general and deeper level. And in the end, some prominent follow up operations are listed in the extension part.

The outcome of the work is that the production of the product is developed remarkably in many ways. The developmental phase has to continue all the time to keep the production and quality in an exemplary condition. There is still much more to develop and many new ideas come up during this project. Sequel action would also be the expansion of the good practices to concern the whole company. Also becoming familiar with quality system gives an excellent base for the future assignments and projects. The plan is to continue doing scientific work and start to process the company's quality manual and the whole quality system; the quality manual needs updating and the whole incomplete quality system needs reconstructing. It is important that in the future the level of our overall quality is raised.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty yhteistyössä Nokian Npt Oy:lle ja Robonic Ltd Oy:lle. Kiitän työnantajaani sekä asiakastani mahdollisuudesta diplomityön tekemiseen.

Haluan esittää suuret kiitokseni kaikille diplomityöni valmistumiseen myötävaikuttaneille professori Seppo Torviselle, esimies-kollega-ohjaaja Pasi Koskiselle ja erityisesti asiakkaan edustaja Ilmari Verholle.

Syvimmän kiitoksen kaikesta opiskeluun liittyvästä ja liittymättömästä haluan esittää tyttöystävälleni, ystävilleni ja perheelleni. Kiitos Mari, että kestit keittiön pöydän valtauksen ja jaksoit potkia työtäni eteenpäin. Parrankin voi vihdoon lyhentää!

Tampereella 4.6.2010:

Ville Taskinen

Järvensivuntie 11 B 8
33100 Tampere
0415436293

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Nokian Npt Oy	1
1.2.	Robonic Oy Ltd ja UAV-laukaisualusta	2
1.3.	Työn taustaa	4
1.4.	Diplomityön tavoitteet ja rajaukset	4
1.5.	Tutkimusmenetelmät.....	5
2.	TEORIA	6
2.1.	Laatu.....	6
2.1.1.	Yleistä	6
2.1.2.	Laatukustannukset.....	11
2.1.3.	Jatkuva parantaminen.....	13
2.1.4.	Laatujärjestelmä	14
2.2.	Tuotanto	17
2.2.1.	Tuotantomuodot ja layout	17
2.2.2.	Valmistusprosessit	19
2.2.3.	Kokoonpano ja kokoonpanoyksiköt.....	20
2.2.4.	Tuotantoanalyysi	22
2.2.5.	Työntekijöiden kehittäminen	24
2.2.6.	Järjestys ja siisteys	25
2.3.	Tuotetiedonhallinta	26
2.3.1.	Yleistä	26
2.3.2.	Tuotetiedonhallintajärjestelmän hyödyt.....	27
2.3.3.	Muutosten hallinta.....	29
3.	VALMISTUSPROJEKTIN LÄHTÖTASO	30
3.1.	Valmistuksen käynnistäminen	30
3.2.	Ulkoiset ongelmat	31
3.3.	Sisäiset ongelmat.....	32
4.	VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN	33
4.1.	Suunnittelutyö	35
4.2.	Toimittajat	37
4.3.	Osavalmistus	39
4.3.1.	Levyleikkeet.....	40
4.3.2.	Sahamateriaalit.....	46
4.3.3.	Koneistusosat	46
4.3.4.	Kumi- ja muoviosat.....	48
4.3.5.	Työstö.....	49
4.4.	Hankintaosat.....	51
4.4.1.	Hydrauliikka- ja paineilmaosat	51
4.4.2.	Laakeriosat	52
4.4.3.	Osto-osat	53
4.4.4.	Kiinnitystarvikkeet.....	54

4.5. Asiakastoimitukset	56
4.6. Hitsaustyö.....	58
4.7. Osavalmistelu	60
4.8. Maalaus	61
4.9. Kokoonpano- ja asennustyö	62
4.10. Sähkötyöt	65
4.11. Työntekijät	65
4.12. Työtilat	67
4.13. Oheistuotteet – ja toiminta	69
5. KEHITYSTYÖN TULOKSIA	71
5.1. Hallittavuus, ohjattavuus ja järjestelmällisyys	72
5.2. Laadukas lopputuote	73
5.3. Valmistettavuus ja valmistusajat.....	74
5.4. Toimitusajat	75
5.5. Pohja muille projekteille	78
6. JATKOTOIMENPITEET	79
6.1. Jatkuva tuotanto	79
6.2. Materiaalitodistusten hallinta	80
6.3. Muutoksien hallinta.....	81
6.4. Valmistustuntien jaottelu	83
6.5. Valmistusohje.....	84
6.6. Tuotannonohjausjärjestelmän hyödyntäminen.....	85
6.7. Laadun laajennus koko yrityksen toimintaan.....	86
7. YHTEENVETO	87
LÄHTEET.....	88
LIITE 1: Leikeosien valmistusluetteloesimerkki	90
LIITE 2: Ajolistamalli.....	91
LIITE 3: Koneistusosien valmistusluetteloesimerkki	92
LIITE 4: Työstölistaesimerkki	93
LIITE 5: Hitsauslistaesimerkki	94
LIITE 6: Maalauslistaesimerkki.....	95
LIITE 7: Hydraulikan säätöohje	96
LIITE 8: Muutostiedotepohja.....	97

LYHENTEET JA MERKINNÄT

DFA	Kokoonpanoystävällinen suunnittelu (Design for Assembly)
DWG	Piirustuksen yleinen tallennemuoto (Drawing)
DXF	Piirustusten polttokuvatallennemuoto (Drawing Interchange Format tai Drawing Exchange Format)
ISO	Kansainvälinen standardoimisjärjestö (International Organization for Standardization)
MOB	Valmistetaanko itse vai ostetaanko ulkoiselta toimittajalta? (Make Or Buy)
MPB	Valmistetaanko itse, tilataanko yhteistyökumppanilta vai ostetaanko ulkoiselta toimittajalta? (Make Partner Buy)
PDCA	Jatkuvan parantamisen työkalu, suunnittele-toteuta-tarkista-toimi (Plan-Do-Check-Act)
PDM	Tuotetiedonhallinta (Product Data Management)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta (Product Lifecycle Management)
TQM	Kokonaisvaltainen laatujohtaminen (Total Quality Management)
TUTTAVA	Suomalainen järjestykseen ja siisteyteen perustuva kehittämisohjelma (Turvallisesti Tuottavat Työtavat)
UAV	Miehittämätön lentokone (Unmanned Aerial Vehicle)
5S	Japanilainen filosofia ja työkalu siistimmän ja tuottavamman työympäristön kehittämiseen (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)

1. JOHDANTO

Miehittämättömien lentokoneiden laukaisualustojen valmistuksen kehittäminen on erittäin haastava ja monipuolinen tutkimuskokonaisuus. Johdanto -osuudessa pyritään johdattamaan lukija aiheeseen ja esitetään työn tavoitteet. Osio sisältää esittelyt niin kohdeyrityksestä, Nokian Npt Oy:stä, asiakasyrityksestä, Robonic Ltd Oy:stä kuin itse käsiteltävästä valmistuskokonaisuudesta eli katapultista. Työn taustat ja tutkimusmenetelmät kuuluvat myös oleellisesti tähän osioon. Työn rakenne noudattelee perinteisen tieteellisen tutkimusraportin rakennetta. Teoriaosuudessa käsitellään laatua, tuotantoa ja tuotetiedonhallintaa yleisesti valmistusprojektin näkökulmasta. Soveltava osuus sisältää lähtötilanteen selvityksen, varsinaisen kehitystyön kuvaukset, tulosten analysointia sekä jatkotoimenpiteet.

1.1. Nokian Npt Oy

Nokian Npt Oy on vaativien, korkealuokkaisten ohutlevy- ja teräsrakenteiden valmistamiseen keskittynyt pitkän linjan alihankintakonepaja. Nokian Npt on yli 50 vuoden kokemuksella vahva tekijä Pirkanmaan metallialihankintamarkkinoilla. Yrityksen toiminta-alueina ovat muun muassa lasiteollisuus, prosessiteollisuus, satamakalusto, kontit, kaivosteollisuus, ajoneuvopesulaitteet, hissit ja puolustusteollisuus.

Pitkän linjan ohutlevyammattilaisen erikoisosa-alueita ovat erilaiset metallirakenteet, ohutmetallituotteet, asiakaskohtainen kehitystyö, järjestelmätoimittajuus, mekaaniset kokoonpanot, laaja tuotevalikoima sekä suunnittelupalvelut. Yritys työllistää keskimäärin 80 työntekijää ja toimintaa on yhteensä neljässä eri yksikössä.

Vahva osaaminen ei yksin tee huipputuotetta. Tekniikan ja työkalujen on oltava niitä käyttävien ammattimiesten veroisia. Nokian Npt Oy on panostanut voimakkaasti tuotantotekniikkaansa ja jatkuvan tuotekehitystyön tuloksena on kehittänyt uusia sovelluksia perinteisiin työmenetelmiin. Yrityksen laadun perustana ovat asiakkaan vaatimukset. Pääasiassa asiakas määrittelee laatutarkastukset ja valmistuksen tarkastuspisteet. Tarkka, automaattinen konekanta toimii yrityksen tuottaman laadun perustana.

Tampereen tehtaalla Raholassa valmistetaan ohutlevytuotteita, ruostumattomia ja haponkestäviä teräsrakenteita sekä yrityksen ainoita omia tuotteita, Formaterm-radiaattoreita. Tehdas toimii yrityksen pääyksikkönä. Raholan 3500 neliömetrin tuotantotiloissa on käytettävissä seuraava kalusto:

- Levytyökeskukset: Finn-Power 2500, Finn-Power C6
- Taivutusautomaatti: Finn-Power levyntaivutusautomaatti EP5
- Useita särmäyspuristimia tehoiltaan 30–130 tonnia
- Jauhemaalaamo (suurin mahdollinen kappalekoko 1700x1600x3500)
- Pienimuotoinen koneistus- ja työstöpaja

Raskaat ja suurikokoiset metallirakenteet valmistetaan ja kokoonpannaan Ylöjärven toimipisteessä. Ylöjärven suuressa tehtaassa on mahdollista käsitellä isompiakin kokonaisuuksia. Ylöjärven 4000 neliömetrin tuotantotiloissa on käytössä:

- Levytyökeskus: Finn-Power E6
- Laser-leikkuri: Finn-Power FPL6
- Useita särmäyspuristimia tehoiltaan 30–220 tonnia
- Jauhemaalaamo (suurin mahdollinen kappalekoko 1800x1600x3800)

Ylöjärvellä sijaitsee myös pienempi Harkkotien valmistusyksikkö. Harkkotie on pääasiassa kokoonpanoon suuntautunut, puhtaampi tila. Harkkotiellä valmistetaan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) -lähetykalustat, UAV-lähetykalustojen oheistuotteet sekä huolletaan UAV-lähetykalustoja. UAV-lähetykalustat valmistetaan käyttövalmiiksi asti ja luovutetaan asiakkaalle koekäyttöön. Lisäksi yrityksellä on kokoonpanotoimintaa VR:lle Hyvinkäällä. Yrityksen logistiikasta vastaa Kuljetus Ilpo Niemi Oy. (Nokian Npt Oy)

1.2. Robonic Oy Ltd ja UAV-laukaisualusta

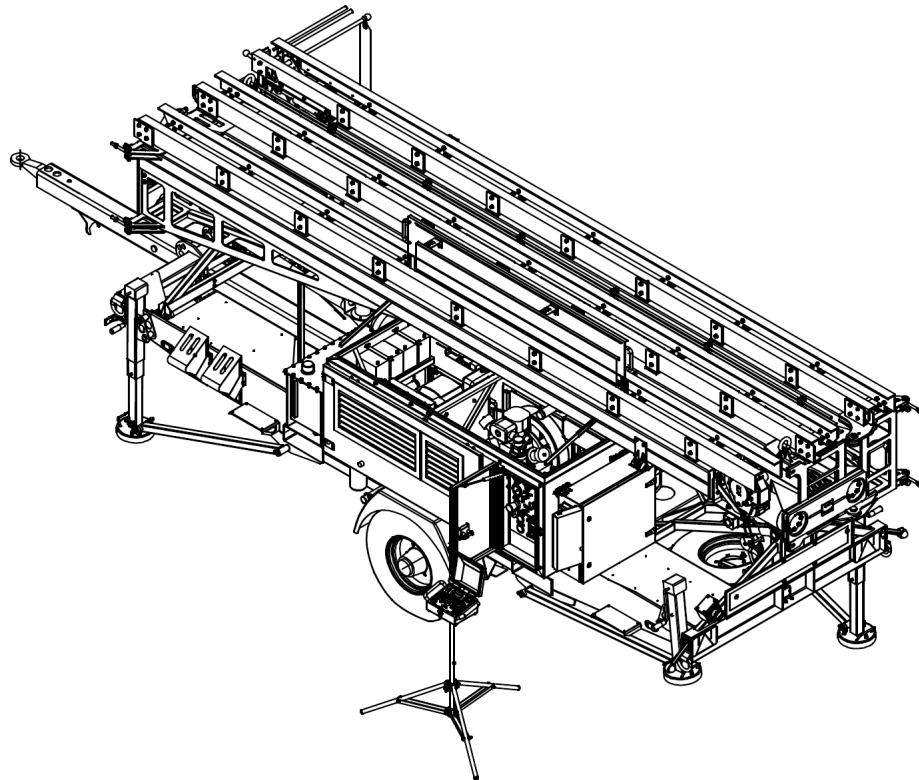
Robonic Ltd Oy on Euroopan johtava miehittämättömien lentokoneiden laukaisualustojen valmistaja. Suomalaispohjainen yritys toimii Tampereella ja kuuluu suuren kansainvälisen ilmailualan yrityksen (Sagem, Safran Group) omistukseen. Laukaisualustoja valmistetaan alihankintana ja pneumaattisia UAV laukaisuratkaisuja on valmistettu jo lähes kolmen vuosikymmenen ajan. Robonic toimii yhteistyössä useiden miehittämättömien lentokoneiden valmistajien ja järjestelmien toimittajien kanssa.

Työssä käsiteltävä UAV-laukaisualusta on Robonic Ltd Oy:n miehittämättömien lentokoneiden laukaisuun kehitetty räjähteetön pneumaattis-hydraulinen katapultti. Laukaisualustalla voidaan heittää 50–500 kilon UAV -lentokoneita lentoon vaivatta ja taloudellisesti ilman suurempia tilavaatimuksia. Katapultilla saavutetaan parhaimmillaan 55 metriä sekunnissa lähtönopeus 12 metrin kiihdytyksellä.

Laukaisualustan pääsääntöisinä käyttötarkoituksina ovat maalikonelähetykset sekä tilannekuvaa tuottavien ilma-alusten lähettäminen. Käyttötarkoituksesta riippumatta, katapultti on aina vain osa isompaa järjestelmää ja käyttäjinä toimivat alansa parhaat edustajat. Katapultin fyysisen toiminnan perustana oleva korkeapainejärjestelmä sekä lopullinen toiminta osana lentojärjestelmää, jolloin toimitaan tiukkojen ilmailusäädösten alaisuudessa, aiheuttaa erityisvaatimuksia koko katapulttitoimintakokonaisuudelle.

Robonic Ltd Oy:n katapultit ja toiminta on suunniteltu asiakaskohtaisesti ja katapultin suorituskyky simuloidaan ja testataan tarkasti ennen käyttöönottoa. Katapultin etuja ovat korkea suorituskyky, nopea uudelleenlatausaika sekä kuljetettavuus. Kuljetuskunnossa oleva katapultti mahtuu normaaliin 20 jalan konttiin ja sitä voi liikutella trailerillaan. Kuljetus- ja ampumakuntoon katapultin saa alle kymmenessä minuutissa. Laukaisuasennossa katapultin saranoidut rampit muodostavat suorina lähes 17 metriä pitkän kiitoradan, joka nostetaan määritettyyn laukaisukulmaan ja lentokone ammutaan pneumaattisesti köysipyöräjärjestelmän välityksellä kohti korkeuksia.

Katapultti on itsenäinen kokonaisuus, jonka voimanlähteenä toimii dieselmoottori. Moottorilla pyöritetään hydraulijärjestelmän toimilaitteita sekä kompressoria, josta järjestelmä saa lopullisen voimansa. Sähköinen ohjausjärjestelmä takaa toimivan ja turvallisen käyttökokonaisuuden. Katapultin kokonaismassa on hieman yli 5 tonnia. Robonic Ltd Oy:n laukaisualusta on patentoitu tuote. Kuvassa 1.1. on esitetty lähes kuljetuskunnossa oleva katapultti.



Kuva 1.1. Katapultti kokoonpantuna

Katapulttien asiakaskunta koostuu pääasiassa kansainvälisistä, suurista ilmailualan järjestelmätoimittajista. Heille katapultti on osa suurempaa kokonaisuutta, johon kuuluu esimerkiksi lentokoneet ja valvontajärjestelmät. Järjestelmän käyttäjiä löytyy joka puolelta maapalloa. Katapultti ja siihen liittyvät oheistuotteet luokitellaan puolustusvälineiksi ja niiden maastavienti vaatii puolustusministeriön myöntämän luvan. (Robonic Ltd Oy)

1.3. Työn taustaa

Robonic Ltd Oy:n katapultteja on valmistettu lähes kolmen vuosikymmenen ajan kymmeniä kappaleita. Mallit ovat ajan mittaan olleet hyvinkin erilaisia ja hakeneet muotoaan pitkän elämänsä ajan. Nykyään valmistettava malli on niin sanottua kolmatta sukupolvea. Robonic Ltd Oy ei valmista fyysisesti laitteita itse, vaan tuotanto tapahtuu alihankintana. Historiansa aikana katapultilla on ollut muutamia eri alihankkijavalmistajia suuremmista tuotantotehtaista pieniin metallipajoihin. Noin kolme vuotta sitten, kasvavien tuotantopaineiden vuoksi, Robonic Ltd Oy vaihtoi katapulttien alihankkijavalmistajan pienestä metallipajasta Nokian Npt Oy:hyn.

Käynnistyviin katapulttiprojekteihin vaadittiin erikseen nimetty projektipäällikkö ja vuoden 2006 loppupuolella tilaisuutta tarjottiin allekirjoittaneelle ja katapulttitoiminta alkoi; ensimmäiset katapulttipiirustuskansiot vastaanotettiin ja katapulttimaailmasta tuli suuri osa tämän työn kirjoittajan elämää. Nokian Npt Oy:llä katapultteja on valmistettu kymmenkunta. Tämän lisäksi useita laitteita on käynyt erilaisissa huolto-, korjaus- ja kehittämistoimenpiteissä sekä erilaisia katapultin oheistuotteita on valmistettu runsaasti. Katapulttitoiminta on työllistänyt useita henkilöitä vuosien ajan ja onkin noussut yhdeksi tärkeimmistä osa-alueista kohdeyrityksen liiketoiminnassa.

Ideaa ja mahdollisuutta diplomityön ja näin ollen valmistumisen suhteen on pohdittu katapulttitoiminnan alusta lähtien. Projektipäällikön työtaakan vähentyminen yleisen taantuman vuoksi syksyllä 2009 mahdollisti aiempaa laajemman paneutumisen valmistumisen toteuttamiseen ja työ saatiin myös fyysisesti käyntiin. Työssä käsiteltävää kehitystyötä on tehty koko toiminnan ajan, kirjallista osuutta vasta viimeinen puolivuotinen.

1.4. Diplomityön tavoitteet ja rajaukset

Kehitysprojektin päätavoitteena on ollut kehittää katapulttien valmistusprojekteja. Valmistuksen jatkuva kehittäminen on itse tuotteiden valmistumisen ohella ollut koko kolmivuotisen historian ajan tärkein päämäärä. Itse diplomityön tavoite muodostuikin tältä pohjalta. Toisaalta myös mahdollisimman laajan kuvauksen kehitystyöstä voidaan myöntää olleen tavoitteena; kehitysasioita on tehty erittäin runsaasti ja mahdollisimman useat niistä ovat pyritty dokumentoimaan tähän työhön.

Toissijaisena tavoitteena voidaan sanoa olleen valmistustietämyksen jakaminen. Valmistuspäällikön valmistusohje katapultista olisi erittäinkin suotava olla olemassa ja jonkinlaisen ohjeistuksen valmistuminen nähdään tärkeänä tavoitteena. Kuitenkaan varsinaisia määritelmiä tämän muodosta tai tyylistä ei ole mietitty. Yksi työn oheistavoiteista on ollut myös tutustua laatuun ja ennen kaikkea tätä kautta laajentaa laatujärjestelmätietoutta. Kohdeyrityksen laatujärjestelmään paneutuminen ja sen kehittäminen on todennäköisesti tämän diplomityön jälkeinen projekti. Näin ollen myös tekniseen kirjallisuuteen tutustuminen ja tämän tuottaminen muodostavat hyvän pohjan jatkosuunnitelmille.

Katapulttivalmistukseen liittyviltä osin työtä ei ole rajattu juuri lainkaan. Koko valmistuskokonaisuus on koettu tärkeäksi ja käsittelyn arvoiseksi. Jotta työ pysyisi järkevissä mitoissaan, joitain rajoituksia on kuitenkin tehty. Katapulttivalmistukseen liittyvät oheistoiminnot on rajattu lähes kokonaan tämän diplomityön ulkopuolelle. Vaikka oheistuotteet ovat erittäin tärkeä osa-alue katapulttitoiminnassa ja varsinkin huoltotoiminta on viime aikoina noussut merkittävästi työllistävään rooliin, niiden käsittelyyn ei työn laajuus riitä.

Asiakkaan osuus varsinaisesta valmistuksesta rajataan myös diplomityön ulkopuolelle. Työssä kuitenkin käsitellään lyhyesti valmistukseen kiinteästi kuuluvilta osin myös Robonic -vastuualueita suunnittelun, asiakastoimituksien ja tarkastuspöytäkirjojen osalta. Sähkötöiden osuus ei myöskään kuulu varsinaiseen diplomityön piiriin, mutta yleinen kehitys mainitaan lyhyesti, valmistuskokonaisuuden selkeyttämiseksi.

1.5. Tutkimusmenetelmät

Allekirjoittanut on toiminut projektipäällikkönä katapulttien valmistusprojektien parissa noin kolme vuotta. Toiminnassa on oltu mukana alusta lähtien, kun katapulttien valmistus siirtyi Nokian Npt Oy:lle. Tänä työjaksona on tutustuttu erittäin läheisesti kaikkeen katapultin valmistukseen liittyvään ja omakohtainen kokemus toimiikin tämän työn pää-tutkimusmenetelmänä. Kuitenkin todettakoon, että vaikka allekirjoittanut onkin toiminut katapultin valmistuksen projektipäällikkönä, valmistuspäällikkönä, kehitysinsinöörinä ja laatuvaavastaavana, vuosien aikana saavutettu kehitystyö ei ole yksin omaa ansiota. Kehitystyössä on ollut mukana monia tahoja niin työntekijä puolelta kuin asiakkaankin suunnalta. Diplomityössä puhutaan katapultin kehittämisestä yleisesti ja kaikki asiat on yritetty käsitellä tasavertaisesti.

Varsinaisesti työssä ei ole käytetty mitään tiettyjä teorioita ja kehitetty toimintaa näiltä pohjilta, vaan kehitys on tapahtunut pääsääntöisesti yleiseltä jatkuvan parantamisen pohjalta. Jos jokin asia ei ole toiminut, kehitystyöllä on pyritty saamaan parannus aikaiseksi. Teoriaosuuden muodostaakin varsin yleiset ja laajat teorialinjaukset, jotka mahdollistavat kattavan perustan käsitellyille osa-alueille. Tutkimuksen pohjana onkin moniulotteinen kirjallisuuskatsaus aiheeseen liittyvistä tieteellisistä artikkeleista sekä alan kirjallisuudesta. Tiedonhakukohteina työssä on käytetty Tampereen teknillisen yliopiston kirjallisuuskantaa, yliopistojen sähköisiä artikkelitietokantoja, kurssikirjallisuutta sekä yleisiä internet-tietokantoja.

2. TEORIA

Tässä työssä käsiteltävät teoriat ovat laajoja kokonaisuuksia; laatu, tuotanto ja tuotetiedonhallinta. Käsiteltävän aiheen laaja-alaisuus antaa vapauden myös laaja-alaiseen teoriaosuuteen. Diplomityön pääpainon ollessa soveltavassa osuudessa, teoriaosuus jää väistämättä hieman varjoon. Osuus on kuitenkin tarkoituksella rakennettu katsaukseksi useista aiheista ja osa-alueita onkin tavoitteellisesti käsitelty monipuolisesti ja valmistuskeskeisesti. Käsiteltävät aiheet on todettu tälle työlle erittäin sopiviksi osakokonaisuuksiksi ilmentäen toivotusti tämän yli kolmivuotisen projektin laaja-alaisuuden. Lisäksi aiheet tukevat soveltavaa osuutta sekä tulevaisuuden jatkotoimenpiteitä juuri sopivalla painotuksella.

2.1. Laatu

Laatu -osuudessa käsitellään laatua yleisesti; laadun erilaisia määrittelytapoja eri näkökulmista sekä yleisellä tasolla, kokonaisvaltaista laadunhallintaa, laadun vaikutuksia kannattavuuteen sekä laatuyrityksen tunnusmerkkejä. Jatkuva parantaminen, laatuksentannukset ja laatujärjestelmien käsitteleminen omina kokonaisuuksinaan toimivat osiota tukevinä elementteinä ja antavat kokonaisvaltaisemman kuvan laadun tärkeydestä.

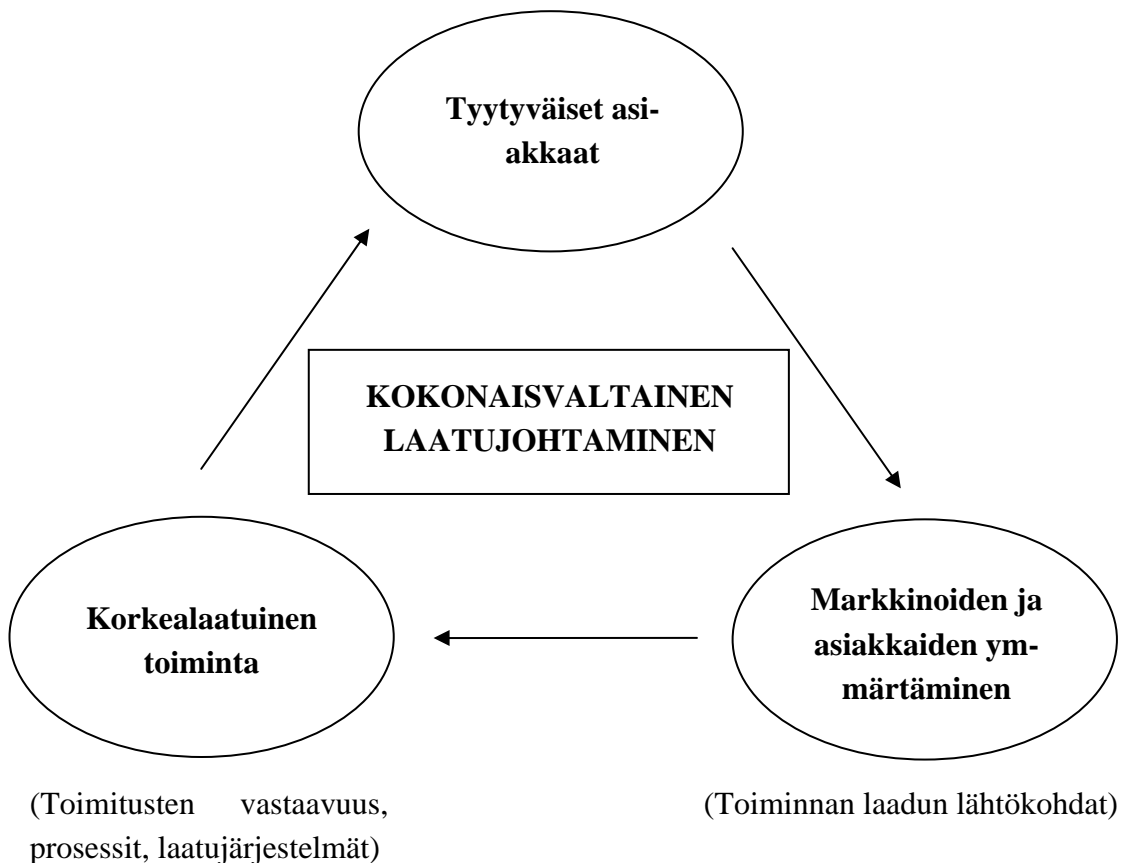
2.1.1. Yleistä

Laadun määrittäminen yksiselitteisesti ja tarkasti on käytännössä mahdoton tehtävä, sillä laatukäsityksiä on varmasti yhtä monta kuin käsitteen määrittelijöitäkin. Yleisesti laatua voidaan pitää positiivisena käsitteenä, hyvän synonyyminä. Laatu määritellään ja käsitetäänkin hyvin laaja-alaisesti; laatu on tuotteen tai palvelun kaikki piirteet ja ominaisuudet, joilla tuote tai palvelu täyttää asetetut tai oletetut tarpeet ja odotukset.

Aikaisemmin laatu on merkinnyt vahvasti tuotteen virheettömyyttä. Tästä laadun käsite on laajentunut perustaltaan asiakaslähtöiseen ja kokonaisvaltaiseen laadunhallintaan, joka sisältää johtamisen, strategisen suunnittelun ja organisaation kehittämisen. Kokonaisvaltaisessa laadunhallinnassa/johtamisessa (TQM, Total Quality Management) tuotteiden laadun lisäksi tarkastellaan koko toimintoprosessin laatua.

Laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Laadunhallinta perustuu markkinoiden ja asiakkaiden tarpeiden tunnistamiseen ja ymmärtämiseen. Asiakkaat ovat tyytyväisiä ja asiakassuhteet pitkäaikaisia vaatimuksien täytyessä korkealaatuisesti. Virheettömyyden ohella oikeiden asioiden tekeminen on erittäin tärkeää kokonaislaadun kannalta. Laadukas toiminta edellyttää myös suoritusten jatkuvaa kehittämistä ja parantamista laatujohtelmien ja toimintaprosessien avulla. Kuvassa 2.1. on esitetty kokonaisvaltaisen laatujohtamisen peruselementit. (Lecklin 1999)

(Asiakas arvioi lopullisen laadun)



Kuva 2.1. Kokonaisvaltainen laadunhallinta (Lecklin 1999, muokattu)

Laatujohtaminen on kokonaisvaltaiseen laadunhallintaan pohjautuva johtamistapa, jossa pyritään hallitsemaan ja johtamaan strategisesti. Laatujohtamisen tavoitteena on tasapainottaa erilaiset laatuksitykset ja löytää niistä paras yhdistelmä. Kyse on johtamisfilosofiasta, jonka tarkoituksena on tuottaa asiakkaan vaatimusten mukaisia tuotteita ja palveluksia mahdollisimman kannattavasti, ennaltaehkäisemällä virheet prosessin eri vaiheissa. Laatujohtamisen ja -ajattelun tulee alkaa organisaation johdosta ja ulottua organisaation kaikkiin toimintoihin. Organisaation kaikkien jäsenten osallistuminen asiakastytyväisyyden kehittämiseksi on toiminnan perusedellytyksiä.

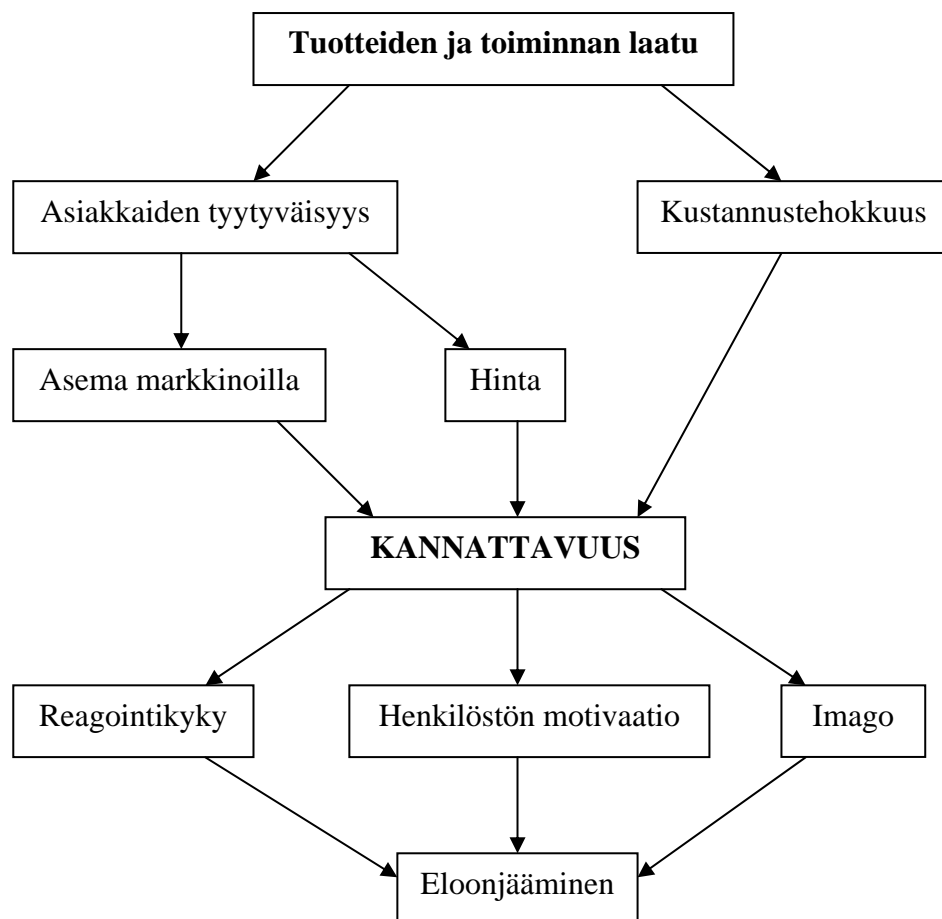
Eroteltuna eri laaduntarkastelunäkökulmiin laatu voidaan määritellä kuudella tapaa. Laadun määrittäminen valmistus-, tuote-, arvo-, kilpailu-, asiakas- tai ympäristökeskeisesti eivät ole toisiaan poissulkevia vaan täydentäviä ominaisuuksia, jotka kaikki ovat käytännön toiminnassa useimmiten edustettuina. Yrityskulttuuri määrittää eri näkökulmien painoarvon; yrityksen tulee painottaa sitä laatukäsitystä, joka parhaiten sopii sen tuotteisiin ja markkinoihin.

- **Valmistuskeskeinen** laatu keskittyy valmistuskäytäntöihin sekä tekniikkaan ja varmistaa tuotteiden valmistuksen määritysten mukaisesti. Määritelmä korostaa tuotteen vastaavuutta tuotevaatimuksiin. Prosessia kehittämällä pyritään ennaltoimaan ja välttämään virheet ja muut poikkeamat ennalta määritellyistä suunnitelmista. Perinteinen laadunvalvonta on ennen kaikkea valmistuskeskeistä.
- **Tuotekeskeinen** laatu korostaa suunnittelun osuutta tuotteen laadun määrittämisessä. Näkökulman mukaan laatu on tuotteen ominaisuuksien summa; ominaisuuksien lisääminen parantaa laatua, mutta nostaa kustannuksia.
- **Arvokeskeinen** laatukäsitys määrittelee laadun ominaisuuksien ja ostohinnan suhteena. Korkein laatu on sillä tuotteella, joka antaa parhaimman kustannus/hyötysuhteen eli parhaan arvon sijoitetulle pääomalle. Sitä parempi laatu, mitä monipuolisimmat ominaisuudet saa samalla rahalla. Käsitys määrittelee laadun suhteessa hintaan ja asiakkaiden ostovoimaan.
- **Kilpailukeskeinen** eli strateginen laadun määritelmä olettaa, että laatu on riittävä, kun se on yhtä hyvä kuin kilpailijoilla. Tätä parempi laatu on ylilaatua ja resurssien tuhlausta.
- **Asiakaskeskeinen** näkökulma painottaa asiakkaan odotusten täyttämistä. Laatu on hyvää, jos se tyydyttää asiakkaiden tarpeet. Asiakastyytyväisyys ja tyytymättömyys riippuvat siitä, miten asiakas kokee toteutuksen onnistuneen.
- **Ympäristökeskeisesti** tuotteen laadun määräävät sen kokonaisvaikutukset ympäristöön ja yhteiskuntaan. Tuotteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös sen elinkaari suunnittelusta hävittämiseen asti; asiakkaan, yhteiskunnan ja luonnon tarpeet on sovitettava yhteen kestävän kehityksen varmistamiseksi. (Lecklin 1999)

Laadun erilaisten määritelmien lisäksi on tärkeää määritellä myös itse tuotteen ja toiminnan laatu. Tuotteen tai palvelun laatu muodostuu lukuisista perusosatekijöistä. Näitä ovat suorituskkyky, lisäominaisuudet, luotettavuus, vastaavuus vaatimuksiin, kestävyys, huollettavuus, ulkonäkö ja imago. Tuotteen laatu voidaan toisaalta ryhmitellä myös pakollisiin ja valinnaisiin laatutekijöihin. Pakollisten laatutekijöiden oletetaan kuuluvan tuotteeseen ja niiden puuttuminen aiheuttaa asiakkaassa tyytymättömyyttä. Valinnaiset laatutekijät tuovat tuotteeseen lisäarvoa, lisäävät asiakkaan tyytyväisyyttä ja edistävät tuotteen menekkiä. (Hopp 2000)

Toiminnan laadulla ymmärretään yleensä tuotteen tai palvelun synnyttäneen toiminnon tehokkuutta. Toiminnan laatua kehitettäessä on keskityttävä tuotteen laadun edellytyksiin. Suunnittelu, työntekijä, menetelmä, kone ja raaka-aine vaikuttavat syntyvän tuotteen laatuun, mutta tuote voi täyttää vaatimukset vaikka toiminnon laadussa olisikin puutteita. Tällöin laatu on saavutettu turhien lisäkustannusten varjolla. Yrityksen toiminnot, henkilöineen ja laitteineen muodostavat toimintoketjun, jota selkeyttämällä ja kehittämällä toiminnan laatua saadaan kasvatettua ja lisäkustannuksia poistettua. Toiminnan lopullinen laatu määräytyy kaikkien toimintojen summana, mutta heikoin lenkki määrää kokonaislaadun ylärajan. (Hopp 2000)

Laadukkaalla toiminnalla on positiiviset vaikutukset yrityksen kannattavuuteen. Laadukas toiminta auttaa useiden yritykselle tärkeiden tavoitteiden saavuttamisessa. Kilpailuetua saavutetaan tyytyväisten asiakkaiden pysyessä uskollisina yritykselle ja lisäämällä ostopiensä määrää sekä viestimällä positiivista yrityskuvaa myös muille potentiaalisille asiakkaille. Markkinajohtajuus mahdollistuu laadun vahvistaessa yrityksen asemaa. Joustavuus ja nopeus lisääntyvät laadukkaalla toiminnalla myötä. Kuvassa 2.2. on havainnollisesti kuvattu laadun merkitys.



Kuva 2.2. Laadun merkitys (Lecklin 1999, muokattu)

Korkea laatu lisää myös henkilöstön motivoituneisuutta ja osallistuvuutta sekä yrityksen tunnettavuutta hyvänä työnantajana ja yhteiskunnan jäsenenä. Toisaalta hyvä laatu ja tyytyväiset asiakkaat antavat yritykselle enemmän vapautta hinnoitteluun, jolloin tuotteita voidaan myydä paremmalla katteella. Kannattavuus yhdistettynä laadun vaikutuksiin, niin sisäisesti kuin markkinoidenkin kautta, antavat yritykselle mahdollisuuden pitkäjänteiseen toimintaan ja merkitsevät yrityksen eloonjäämistä ja työpaikkojen säilymistä. (Lecklin 1999)

Laadukkaan toiminnan tunnuspiirteitä voi määritellä usealla tavalla. Kansainvälisten ja kansallisten laatupalkintojen (Malcolm Baldrige National Quality Award, Euroopan EFQM -laatupalkinto ja Suomen laatupalkinto) kriteerit ovat yksiä toimivimmista laatu-yrityksen määrittelytavoista. Laatupalkintojen perustana käytetään seuraavia laadunhallinnan yleisperiaatteita:

- 1) Johtajuus ja johtavien henkilöiden toiminta
 - ✓ Laadun kehittäminen otetaan vakavasti ja myös ylin johto on henkilökohtaisesti sitoutunut laatutyöhön.
- 2) Toimintaperiaatteet ja strategia
 - ✓ Johtaminen ja päätöksenteko perustuvat todelliseen ja luotettavaan tietoon, yrityksellä on selvä suuntaus ja visio toimintasuunnitelmiseen tulevaisuudelle, laatu- ja tavoitejohtaminen on integroitunutta.
- 3) Henkilöstö sekä sen kehittyminen ja osallistuminen
 - ✓ Henkilöstön merkitys tiedostetaan; henkilöstö tekee laadun, heitä ei nähdä vain kustannustekijöinä ja työtyytyväisyyteen panostetaan.
- 4) Kumppanuudet, resurssit ja yhteistyö
 - ✓ Yhteistyö niin yrityksen sisällä kuin ulkoisiin kumppaneihin ja jopa kilpailijoihin on hyvä.
- 5) Jatkuva parantaminen
 - ✓ Aina löytyy parannettavaa.
- 6) Asiakassuuntautunut toiminta
 - ✓ Asiakas on laadun lopullinen tarkastaja ja rahoittaa yrityksen toiminnan; tuotteiden ja niiden takana olevien prosessien tulee kyetä vastaamaan asiakkaan tarpeisiin muuttuvissa tilanteissa.
- 7) Prosessit ja keskeiset suorituskytulokset
 - ✓ Nopeus ja joustavuus ovat avainasemassa; toimintojen nopeuttaminen vaikuttaa positiivisesti kilpailukykyyn, nopea reagointikyky merkitsee valmiutta muutoksiin ja erilaisten vaihtoehtojen ennakointia, prosesseja yksinkertaistamalla ja työvaiheita vähentämällä lisätään joustavuutta ja asiakastytyväisyyttä.
- 8) Julkinen vastuu ja yhteiskunnalliset tulokset
 - ✓ Turvallisuus- ja terveystekijöiden huomioon ottaminen, ympäristöhaittojen ja luonnonvarojen tuhlauksen estäminen, positiivisten yhteiskunnallisten vaikutuksien aikaansaaminen ja korkea liikemoraali ovat tärkeä osa liiketoimintaa. (Lecklin 1999)

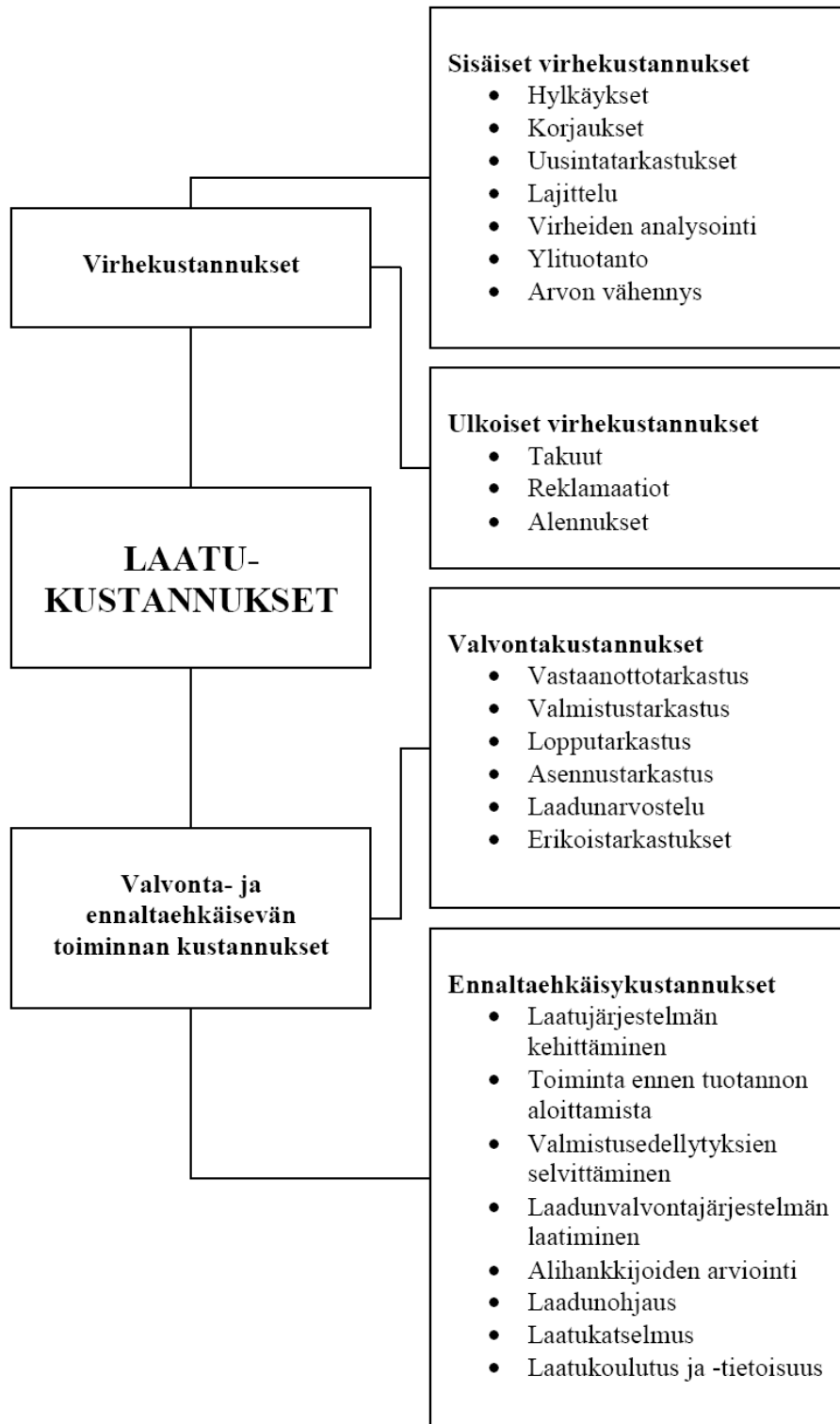
2.1.2. Laatukustannukset

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät virheiden tekemisestä, korjaamisesta ja seurauksista sekä ennaltaehkäisystä. Laatukustannukset voidaan jakaa yksinkertaisesti välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Puutteellisen laadun välittömät kustannukset (takuut, korjaukset, hylkytuotteet, jne.) ovat helposti laskettavissa ja seurattavissa. Näiden kustannusten osuus on yleensä verrattain kohtuullinen ja ne muodostavatkin vain hyvin pienen osan yrityksen laatukustannuksista. Välilliset kustannukset (potentiaalisen asiakkaan menettäminen, peruuntunut kauppa, yms.) ovat huomattavasti vaikeammin arvioitavissa. Näiden kustannusten voidaan olettaa olevan merkittävästi suurempia kuin välittömät kustannukset.

Laatukustannusten toinen yleinen jakotapa on jaotella ne neljään pääryhmään: sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin sekä laadun ylläpito- ja ennaltaehkäisykustannuksiin. Sisäiset virhekustannukset ovat virheiden korjauskustannuksia, kun virhe havaitaan ja korjataan ennen kuin tuote toimitetaan asiakkaalle. Valtaosa laatuvirheistä on yleensä sisäisiä. Ulkoiset virhekustannukset muodostuvat kustannuksista, jotka syntyvät, kun virheellinen tuote pääsee asiakkaalle asti. Näiden virheiden korjaaminen on ymmärrettävästi kalliimpaa sekä niiden aiheuttamat vaikutukset saattavat olla erittäinkin merkittäviä.

Ennaltaehkäisevät kustannukset syntyvät puutteiden ja virheiden ehkäisemisestä tai vähentämisestä toimintaa parantamalla. Koulutus, huolto ja laatujärjestelmä aiheuttavat kustannuksia. Ylläpitokustannukset sisältävät lopputuotteiden laadun tarkistamisesta ja varmistamisesta johtuvia kustannuksia. Laatukustannusten pääryhmät ja niiden osatekijät on esitetty kuvassa 2.3. (Lecklin 1999)

Laatukustannusten vähentäminen on yksi laatujärjestelmän ja laadunkehittämisen tavoitteista. Ennaltaehkäisevään toimintaan ja valvontaan sijoittaminen vähentää huomattavasti sisäisiä ja ulkoisia virhekustannuksia, mutta vain tiettyyn tasoon asti. Kokonaislaatukustannuksien optimitason ylityttyä ennaltaehkäisystä aiheutuvat kustannukset muodostuvat suuremmiksi kuin mitä virheet aiheuttaisivat. Laatukustannusten hallitsemiseksi yrityksessä tulisikin olla laatukustannuksien seurantajärjestelmä. Laatukustannuksia voidaan pitää yhtenä tunnuslukuna saavutetulle laatujärjestelmän ja laadun tasolle. Laatutavoitteeksi voidaan asettaa nollavirhetaso, mutta laatukustannuksia ei voida koskaan kokonaan poistaa.



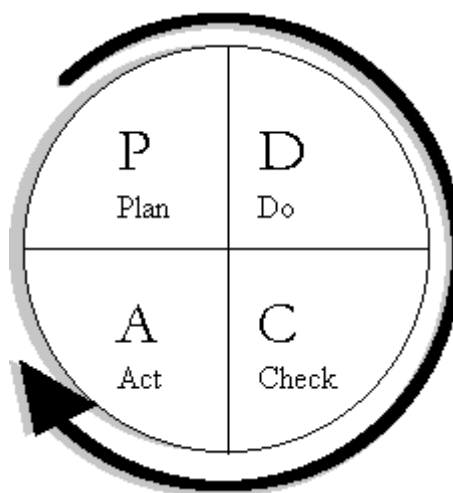
Kuva 2.3. Laatukustannukset Feigenbaumin (1961) mukaan

2.1.3. Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on koko organisaatiota koskeva menetelmä, jonka avulla tuodaan esiin ongelmia, ratkaisuehdotuksia ja muutetaan toimintoja entistä paremmiksi ilman mainittavia investointeja. Jatkuva parantaminen on yksi ISO (International Organization for Standardization) 9000 -standardien johtavista periaatteista ja se on prosessijohtamisen keskeisiä pääkohtia. Menetelmän tarkoituksena on poistaa turhaa työtä, joka ei tuota arvoa asiakkaalle. Kehittämiskohteita haetaan opettelemalla havaitsemaan ja jakamaan työt jalostaviin eli tuotteelle lisäominaisuuksia tuoviin työnvaiheisiin sekä jalostamattomiin eli turhiin työnvaiheisiin. Tehdään siis vain työtä, josta asiakas on valmis maksamaan.

Jalostamattomia töitä ja tuhlauksen vähentämistä pyritään etsimään järjestelmällisesti työntekijöiden omin voimin ja tarvittaessa ulkopuolisella avustuksella. Tämän jälkeen tavoitteena on poistaa löydetty heikkoudet pienin askelin ilman merkittäviä investointeja. Toiminnassa pyritään kehittämään työ- ja toimintatapoja järkevimmiksi, ei nopeuttamaan työntekijän suoritusta. Toiminnan hengen mukaisesti koko henkilöstö pyrkii kehittämään työtään itsensä, yrityksen ja ennen kaikkea asiakkaan parhaaksi. Vastakohdina jatkuvalla parantamiselle voidaan pitää läpimurtoparantamista. Läpimurtoparantaminen pohjautuu yrityksen strategiaan, koskien vain avainasioita ilman koko henkilöstön kosketusta asiaan.

Jatkuvan parantamisen prosessi voi olla yksityiskohdiltaan ja toteutukseltaan vaihteleva. Prosessin järjestelmälliseen toteuttamiseen ja aloittamiseen tarvitaan kuitenkin organisaation korkealla tasolla tehty päätös ja sitoutuminen sekä tarpeen mukainen koulutautuminen. Yleisesti prosessia kuvaa havainnollisesti Demingin PDCA (Plan-Do-Check-Act) -ympyrä. Se kuvaa kehää, jota kiertäen prosessit kehittyvät jatkuvasti. Prosessissa nimensä mukaisesti ensin suunnitellaan, sitten toteutetaan suunnitelmat, minkä jälkeen arvioidaan ja tarkistetaan tulokset sekä viimeisenä vaiheena toteutetaan korjaustoimenpiteet. Kuvassa 2.4. on esitetty Demingin laatuympyrä. (HCi-Consulting)



Kuva 2.4. Demingin laatuympyrä (HCi-Consulting)

Ympyrää käydään läpi jatkuvana prosessina; kun edellinen kierros on käyty loppuun, niin uusi kierros aloitetaan. Kehityskohteena voi olla toiminnan mikä tahansa osa-alue; yksittäinen haitallinen seikka, tuote, prosessien suorituskkyky tai johtamisjärjestelmä. Jatkuvassa parantamisessa on tärkeää saada koko organisaatio osallistumaan aktiivisesti kehittämiseen. Työntekijät ovat oman työnsä asiantuntijoita ja näin ollen parhaita työnsä kehittäjiä, joten on tärkeää, että kehitystyöhön kannustetaan ja tämä merkittävä potentiaali hyödynnetään. (HCi-Consulting)

Jatkuva parantaminen on toimiva työkalu, jonka hyödyt ovat erittäin moninaiset. Hyödyt on tavoitettavissa myös ilman järjestelmällistä työkalu-käytäntöä; jo jatkuvan parantamisen ajattelumalli kehittää toimintaa. Jatkuvan parantamisen tärkeimmät hyödyt ovat seuraavat:

- tehokkuus kasvaa ja jalostamattomat työt vähenevät
- työnteko ja toiminnan taso paranevat ja kehittyvät
- suorituskkyky kasvaa organisaation kyvykkyyden parantuessa
- joustavuus tarttua nopeasti tilaisuuksiin. (International Organization for Standardization, ISO)

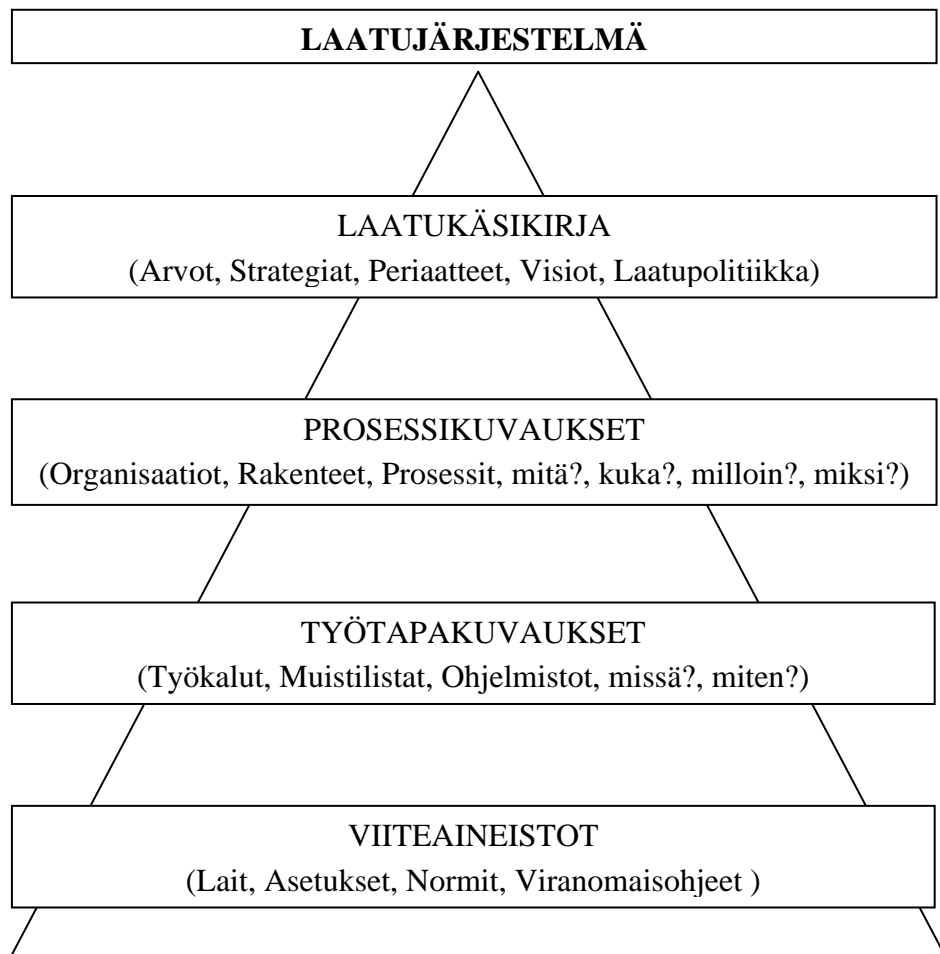
2.1.4. Laatuja järjestelmä

Laatuja järjestelmä on käsite, jota käytetään kuvaamaan organisaation laatutoiminnan kokonaisuutta. Laatuja järjestelmää ei ole yksiselitteinen määritellä ja laatutoiminta voidaankin kuvata monella tapaa; yrityksillä on käytössään hyvin erilaisia laadunhallintaja järjestelmiä ja niiden soveltaminen ja määrittäminen poikkeaa suuresti käyttökohteesta riippuen. Laatuja järjestelmä voi perustua kirjoittamattomaan tapaan, dokumentoituun menettelyyn tai yleisesti hyväksyttyyn laatuja järjestelmästandardiin.

Jokaisessa yrityksessä onkin jonkinlainen laatuja järjestelmä, vaikka toiminnan tietoisuus, järjestelmällisyys ja dokumentointi vaihtelevat. Erilaisista käsityksistä ja määrittämisestä huolimatta voidaan yleistää, että laatuja järjestelmä sisältää laadukkaan toiminnan pelisäännöt ja on osa johtamisjärjestelmää. Johdon vastuuta painottaen laatuja järjestelmä voidaan määritellä rakenteeksi, jonka avulla johdon tahtotila viedään systemaattisesti läpi koko organisaation.

Johtamisjärjestelmän osana laatuja järjestelmän tarkoituksena on korostaa laadun järjestelmällisyyttä. Toiminnanohjauksen ja valvonnan järjestelmällisyyteen pyrkiminen onkin laatuja järjestelmän päätavoitteista. Järjestelmällisyyden etua ei pidä kuitenkaan hukata liiallisiin yksityiskohtiin eikä laatuja järjestelmästä tule rakentaa erillistä tai raskasta kokonaisuutta. Toinen päätavoite on tuotteiden, palvelujen ja prosessien korkean ja taseisen laadun sekä näin ollen asiakastyytyväisyyden varmistaminen. Muita tavoitteita ovat työn tuottavuuden parantaminen, yhtenäisen käytännön muodostaminen, johdon kehittämisen apuvälineenä toimiminen, henkilöstön koulutuksen ja työohjauksen tukeminen sekä hyväksyttyjen menettelytapojen dokumentointi. Kaikki tavoitteet ovat kuitenkin aina yrityskohtaisia ja kyseisestä tilanteesta riippuvia. (Lecklin 1999)

Laatujärjestelmän rakenteesta ei ole mitään standardiohjetta, mutta yleisesti käytetään monitasoista mallia. Laatukäsikirja käsittää usein laatujärjestelmän ylimmän tason. Käsikirja ei ole pakollinen, mutta käytännössä se on tärkeä apuväline. Laatukäsikirja sisältää yrityksen lyhyen esittelyn organisaatorakenteineen, keskeiset arvot, laatuun liittyvät strategiat, laadunhallintajärjestelmän ja käytettävät laatujärjestelmämenettelyt sekä organisaation laatupolitiikan. Laatupolitiikka tarkoittaa tiivistettynä yrityksen perusarvoista johdettua viestiä käytännön toiminnaksi. Hyvä laatupolitiikka on lyhyt ja ytimekäs keskeisten toimintaperiaatteiden tiivistelmä. (Lecklin 1999)



Kuva 2.5. Laatujärjestelmän rakenne-esimerkki (Lecklin 1999, muokattu)

Laatujärjestelmän rakenteen toinen taso sisältää prosessikuvaukset. Yrityksen toiminnan ymmärtäminen prosesseina ja keskeisimpien prosessien kuvaaminen prosessikaavioina on tärkeä osa laatujärjestelmää. Hyvin tehdyt prosessikaaviot selkiyttävät työkulut ja toimivat kehittämisen apuvälineinä. Kolmas taso sisältää työtapakuvaukset ja työohjeet. Tällä tasolla määritellään, miten työt pitää tehdä yksityiskohtaisilla työmenetelmillä kuvauksilla ja suoritusohjeilla. Alimpana tasona ovat viiteaineistot, joilla tarkoitetaan työnkulkuihin ja prosesseihin liittyvää ulkopuolista aineistoa. Kuvassa 2.5. laatujärjestelmän rakennetta ja sisältöä on kuvattu ja selvennetty pyramidimallilla. (Lecklin 1999)

Laadun varmistamiseksi laatujärjestelmä voidaan rakentaa standardien mukaiseksi ja tarpeen mukaan sertifioida. Sertifioitu laatujärjestelmä täyttää käytetyn standardin vähimmäisvaatimukset toimien laadun takeena. ISO on yleisin kansainvälinen standardisoimisjärjestö, jonka ISO 9000 -standardisarjan mukaisen laatujärjestelmän tavoitteena on asiakkaan tarpeiden ja odotusten täyttäminen, tuotetta koskevien asetusten ja lakien vaatimusten mukaisuus, asiakastyytyväisyyden parantaminen ja jatkuva parantaminen edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Standardi pyrkii kehittämään, dokumentoimaan ja implementoimaan toimintatapoja, joiden tavoitteena on toiminnan ja tuotteiden laadun parantaminen.

Standardisarjan osa ISO 9001 sisältää perusvaatimukset laatujärjestelmälle ja on tarkoitettu käytettäväksi missä tahansa organisaatiossa, jossa suunnitellaan, kehitetään, valmistetaan tai asennetaan mitä tahansa tuotetta. Standardi asettaa useita vaatimuksia, jotka organisaation tulee täyttää asiakastyytyväisyyden takaamiseksi ja tasalaatuisen tarjonnan varmistamiseksi. Näistä tärkeimpiä ovat johdon vastuu, suunnittelun hallinta, prosessien hallinta, tarkastaminen/testaus, ostotoiminta, tuotteen määrittäminen ja jäljitettävyys sekä sisäiset laatutarkastukset. (Suomen Standardisoimisliitto, SFS)

ISO -standardien vähimmäisvaatimuksien mukainen toiminta on nykypäivänä teollisen maailman elinehto ja laatujärjestelmän kehittäminen on yrityksen toiminnan jatkuvuuden perusedellytyksiä. Laatujärjestelmä pitäisikin kehittää standardien pohjalta ja esimerkiksi laatukäsikirja kannattaa kirjoittaa vastaamaan 9001 -standardin sisältöä ja kohdenumerointia. Yksinkertaisimmillaan kehittämistyö onkin toimintatapojen kirjaaminen ja dokumentointi käytettävän laatujärjestelmärakenteen mukaisesti. Toisaalta laatujärjestelmän kehittäminen standardien mukaiseksi alkaa johdon sitoutumisella; tämän puuttuessa yritys tuskin koskaan saavuttaa vaadittua tasoa. ISO 9000 -laatustandardi edellyttääkin, että ylin johto vastaa laatukäsikirjan laatimisesta. (Suomen Standardisoimisliitto, SFS)

Laatujärjestelmän positiiviset vaikutukset yrityksen toiminnalle ovat moninaiset; parantunut laatu, laatuvaihteluiden pieneneminen, virheellisten tuotteiden määrän ja kustannusten laskeminen, lyhyemmät toimitusajat, lisääntynyt tehokkuus, asiakkaiden luottamuksen lisääntyminen, uusien asiakkaiden houkuttaminen sekä suuremmat henkilöstöhyödyt. Vaikka laatujärjestelmä ja sen kehitystyö aiheuttavat lisäkustannuksia ja lisäävät paperityön määrää, yleisesti voidaan sanoa laatukehitystyöllä olevan koko liiketoimintaa tehostava vaikutus.

Kuitenkin laatujärjestelmän käyttöön motivoivalla tekijällä on suuri vaikutus siitä saataviin hyötyihin. Niin sertifioidun kuin sertifioimattoman laatujärjestelmän kehitystyö koetaan usein pakollisena pahana, joka toteutetaan ulkopuolisen tahon toivomuksesta tai yleisesti vain markkinointikeinona. Todellisiin ja merkittävimpiin hyötyihin päästään kuitenkin kohdistamalla ja käyttämällä laatujärjestelmää sisäisten toimintojen ja tuotteiden parantamiseen. (Theresa Phillips, About.com Guide)

2.2. Tuotanto

Tuotanto -osiossa käsitellään muutamia tuotantoon ja valmistukseen liittyviä teorioita yleisellä tasolla. Alaluvuissa esitellään tuotantomuotoja ja layouteja, valmistusprosesseja, kokoonpanoa ja kokoonpanoyksiköitä, tuotantoanalyysiä, henkilöstön kehittämistä sekä työoloja. Tavoitteena on antaa lukijalle laaja-alainen kuva valmistuksen perimmäisestä tarkoituksesta, järjestelmästä ja tekniikoista. Osiossa perehdytään kohdekokonaisuuden kannalta tärkeimpiin käsitteisiin, joita suurehkon valmistusprojektin läpiviemisessä väistämättä tulee käsiteltä.

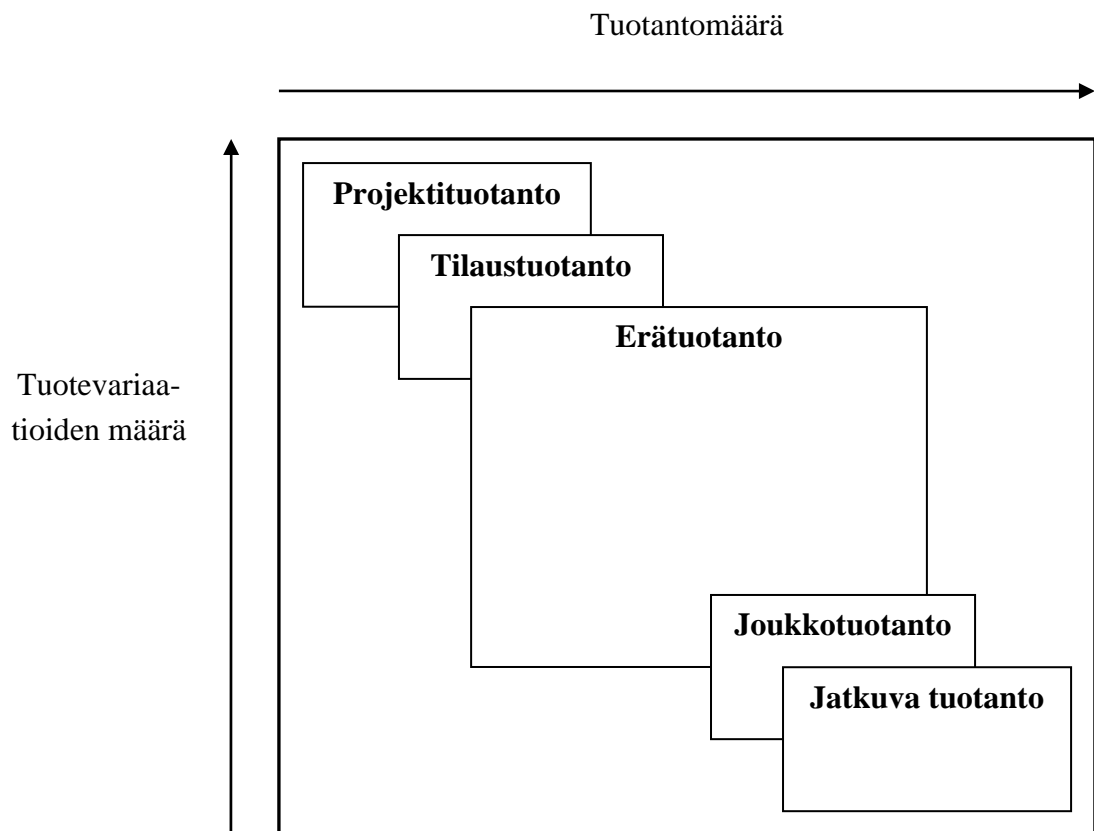
2.2.1. Tuotantomuodot ja layout

Tuotanto tarkoittaa yksinkertaisuudessaan tarpeiden tyydyttämiseen tähtäävää toimintaa. Tuotanto voidaan jakaa aihio-komponenttituotantoon, jalostustuotantoon, johon tässä työssä perehdytään, ja palvelutuotantoon. Tuotannon tuloksena syntyy hyödykkeitä, jotka välittömästi tai välillisesti tyydyttävät ihmisten tarpeita. Oleellista tuotannossa on tuotantovälineiden yhdistely niin, että syntyy uusia välineitä eli tavaroita, palveluja ja niiden yhdistelmiä. Suppeassa merkityksessä termiä tuotanto käytetään tarkoittamaan samaa kuin valmistus. Tällöin tuotanto on yksi yrityksen toiminnoista markkinoinnin ja hallinnon rinnalla. Tuotannon tehtävä on tyydyttää markkinoiden tarpeita ja näiden erilaisuuden vuoksi on syntynyt erilaisia tuotantomuotoja, jotka soveltuvat tietyn tyyppisen tarpeen tyydyttämiseen.

Tuotettavien tuotteiden valmistusmäärät sekä tuotevariaatioiden lukumäärät määrittelevät tuotannon luonteen ja näin ollen tuotantomuodon. Tuotantomuotoja voidaan jaotella eri näkökulmien ja laajuuksien perusteella. Yleisesti tuotantomuodot jaetaan projekti-, tilaus-, erä-, joukko- ja jatkuvaan tuotantoon. Karkeampi jaottelutapa jakaa tuotantomuodot yksittäistuotantoon, toistuvaan erätuotantoon ja jatkuvaan joukotuotantoon. Toisaalta tuotetyyppien pelkistetyn jaottelun mukaan tuotteet ovat joko kertatuotteita tai variaatioina toistuvia tuotteita. Tähän nojautuen tuotantomuoto voidaan jakaa yksinkertaisesti vain aitoon yksittäistuotantoon ja joustavaan jatkuvaan tuotantoon. (Lapinleimu 2000)

Projektituotannossa tuote on yleensä yksittäinen ja tuote suunnitellaan sekä valmistetaan aina asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Kertynyt osaaminen ja soveltava tuotantokalusto ovat ratkaisevassa roolissa. Tuotteen toimitusajat ovat pitkiä ja tuotekohtaisten valmistusvalmiuksien ylläpitäminen vaikeaa. Projektituotannossa valmistusmäärät ovat pieniä ja tuotevariaatioiden määrä on suuri. Yksittäistuotanto on projektituotantoa ja nämä ovatkin yleisiltä osin yhteneviä, mutta yksittäistuotannossa tuote valmistetaan sellaisenaan vain kerran. Tilaustuotanto on samoin lähellä projektituotantoa; tuotteita valmistetaan enemmän kuin projektituotannossa ja tuotevariaatioiden määrä on pienempi. (Lapinleimu 2000)

Erätuotannossa tuotteita valmistetaan erissä, joiden erä koko on enemmän kuin yksi. Erätuotannon valmistusmäärät ovat suurempia ja variaatioiden määrä yleensä pienempi kuin edellisten. Joukkotuotannossa tuotevariaatioiden määrä on pieni ja tuotteita valmistetaan paljon. Jatkuva tuotannossa tuotantomäärät ovat vielä suuremmat, variaatioiden määrä erittäin pieni sekä tuotteita valmistetaan pitkissä ajanjaksoissa. Joukkotuotanto ja jatkuva tuotanto sijoittuvat lähelle toisiaan ja muodostavat yhdessä jatkuvan joukkotuotannon. Erätuotantoa kehittämällä jatkuvammaksi ja joustavammaksi voidaan tämäkin yhdistää edellisiin saavuttaen joustava jatkuva tuotanto. Alla kuvassa 2.6. on havainnollistettu eri tuotantomuotoja tuotantomäärien ja tuotevariaatioiden muuttuessa. (Lapinleimu 2000)



Kuva 2.6. Tuotantomuodot (Lapinleimu 2000, muokattu)

Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien kuten koneiden ja laitteiden sijoittelua tuotantotiloihin. Käytettävä tuotantomuoto vaikuttaa layout-tyypin valintaan; tuotantomuotojen erilaiset tarpeet tulee ottaa huomioon layoutin valinnassa. Layoutit jaetaan yleisesti neljään tyyppiin:

- **Kiinteäasemainen layout:** Jalostettava tuote pysyy paikallaan (liian suuri tai muuten mahdoton liikuttaa) ja työntekijät, materiaali ja koneet liikkuvat.
- **Funktionaalinen layout:** Samankaltaiset prosessit (hitsaus, maalaus jne.) on sijoitettu samaan tilaan ja tuote ohjataan työvaiheen mukaisesti työpisteille. Tuotejoustavuus, kapasiteetin käyttö ja ammattitaidon keskittyminen ovat tehokkaita mutta ohjattavuus ja läpäisy aika heikkoa.

- **Solu-layout:** Muodostuu useista pienistä, itsenäisistä yksiköistä, jotka valmistavat määrätyn tuotteen tai osakokonaisuuden. Solu on oma yhtenäinen alue, omine henkilöstöineen ja tuotantokalustoineen sekä toimintavastuineen. Layout mahdollistaa kustannustehokkaan ja joustavan tuotannon, matalan käyttöasteen kustannuksella.
- **Tuotantolinja-layout:** Suunniteltu tuotteille, joiden työnkulku on jatkuvasti sama. Materiaalivirta kulkee pitkin linjastoa, kunnes materiaaleista valmistettava hyödyke on valmis toimitettavaksi eteenpäin. Linjan ohjattavuus on helppoa ja sillä saavutetaan suuri tuotevolyymi pienillä yksikkökustannuksilla. Toisaalta linja on kallis, eri tuotevariaatioiden määrä on rajoitettu ja häiriöt vaikuttavat ikävästi koko tuotantolinjaan.

Kaikki layout-tyypit eivät välttämättä sovellu käyttöön yksittäisinä. Eri layoutit menevät tyyliltään osittain päällekkäin ja parhaimpaan lopputulokseen päästäänkin yhdistelemällä layouteja yrityksen tuotannon ja volyymien mukaisesti. (Slack 2001)

2.2.2. Valmistusprosessit

Valmistusjärjestelmä on osa tuotantojärjestelmää ja se toteuttaa tuotteen jalostavan työn. Valmistusprosessit eli työnkulkuprosessit ovat osa valmistusjärjestelmää. Työnkulkuprosessien kaksi äärityyppiä ovat koostava prosessi ja vaiheittain jalostava prosessi. Lisäksi yksivaiheinen valmistus voidaan käsitellä vaiheittain jalostavan prosessin erikoistapauksena. Käytännön prosesseissa on usein piirteitä kummastakin ääritapauksesta, jolloin puhutaan yhdistetystä prosessista, mutta myös aivan puhtaitakin prosessityyppejä esiintyy. (Lapinleimu 2000)

Koostavassa prosessissa osia ja kappaleita liitetään toisiinsa useassa kokoonpanovaiheessa; osavalmistuvaiheita, alikokoonpanovaiheita ja loppukokoonpanovaihe, jossa tuote valmistuu toimivaksi kokonaisuudeksi. Tuotteen jalostusarvo kasvaa liitettyjen osien mukana. Koostavan prosessin toimivuuden, nopeuden ja kannattavuuden saavuttamiseksi on otettava huomioon seuraavaa:

- ✓ Jokaisen osan pitäisi valmistua pääsääntöisesti sen valmistamiseen tarkoitetussa osavalmistusyksikössä ja liikkua valmistusketjussa vain eteenpäin.
- ✓ Valmistuksen läpäisy aika riippuu ensisijaisesti vaiheketjujen pituuksista, joten peräkkäisten tasojen määrät on hyvä pitää pieninä.
- ✓ Loppukokoonpanoihin ei pidä liittää osavalmistukseen kuuluvia asioita, kuten hitsausta tai maalausta.
- ✓ Osakokoonpanot kannattaa tehdä rinnakkain moduuliyksiköissä, jolloin loppukokoonpanon kesto lyhenee. (Lapinleimu 2000)

Vaiheittain jalostavassa prosessissa tuotteen jalostusarvo kasvaa saman kappaleen peräkkäisten työvaiheiden myötä. Vaiheittain jalostavassa prosessissa vaiheiden lukumäärä on pyrittävä supistamaan minimiin, koska vaiheketjun pituus eli vaiheiden lukumäärä vaikuttaa ratkaisevasti läpäisy aikaan ja näin ollen suoraan myös kustannuksiin. Puhtaassa vaiheittain jalostavassa prosessissa kappaleen työvaiheissa ei ole limittämisen tai rinnakkain teon mahdollisuutta.

Yksivaiheisessa valmistuksessa kaikki työvaiheet tehdään kerralla. Tämä olisikin vaiheettaisen prosessin ideaalitilanne. Jos osavalmistusyksikkö ei voi muodostua vain yhdestä vaiheesta, pyritään linjamuotoiseen valmistukseen. Linjasta pyritään poistamaan mahdollisimman täydellisesti vaiheiden rajapinnat ja yhdistämään vaiheet yksiköiksi, joissa operaatiot tapahtuvat välittömästi toisiaan seuraten. Kun vaiheittain jalostavan prosessin vaiheet voidaan kytkeä välittömästi peräkkäin, syntyy valmistuslinja.

2.2.3. Kokoonpano ja kokoonpanoyksiköt

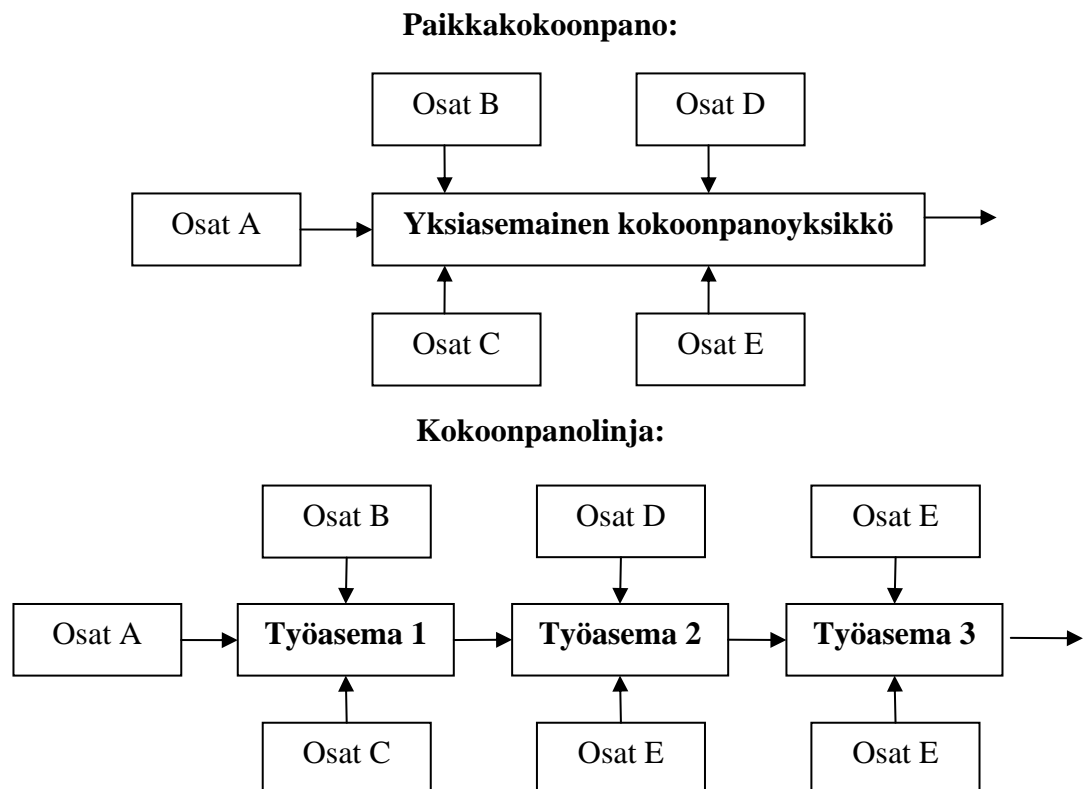
Kokoonpano on eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien liittämistä toisiinsa toimivaksi kokonaisuudeksi tai osaksi sitä. Kokonaisuudessa eli tuotteessa voi olla osakokoonpanoja ja loppukokoonpanoja. Osakokoonpanoista syntyy toimivia kokonaisuuksia. Loppukokoonpanossa osakokoonpanot ja mahdolliset muut komponentit liitetään toisiinsa eri menetelmillä siten, että tuloksena syntyy laite tai osa sitä. Loppukokoonpanon sijasta puhutaan asennuksesta kun aiemmin koottu ja testattu kokonaisuus kokoonpannaan uudelleen asiakkaan luona. (Lapinleimu 2000)

Kokoonpano on tärkeä osa tuotteen valmistuksessa. Kokoonpanotyö sisältää käsittelyä, siirtoja, varastointia, liittämistä ja sovittamista sekä tarkastuksia. Näistä ainoastaan liittäminen varsinaisesti jalostaa tuotetta, kaikki muu tulisi vähentää välttämättömään. Kokoonpano on otettava vahvasti huomioon suunnitteluvaiheessa ja tuotteen suunnittelijalla onkin vastuu kokoonpanon kustannuksista. Suunnitteluvaiheessa on määriteltävä kokoonpanotapa, kokoonpanon helppous sekä kokoonpanon mekanisointi- ja automaatiomahdollisuudet. Suunnittelu muodostaa perusedellytykset kokoonpantavuudelle.

DFA (Design For Assembly) on menetelmä kokoonpanon kustannusten vähentämiseksi jo suunnitteluvaiheessa. Menetelmässä pyritään vähentämään kokoonpantavien osien määrää, yksinkertaistamaan osien käsittelyä ja helpottamaan tuotteiden kokoonpantavuutta. Yleisesti sujuvan kokoonpanon edellytyksiä ovat:

- osien on oltava sopivia ja saatavilla
- osaava henkilöstö ja soveltuvat työvälineet
- kokoonpanopaikan toimivuus ja selkeys
- työohjeet (Lapinleimu 2000)

Kokoonpano tehdään kokoonpanoyksiköissä. Kokoonpanoyksikköjen layoutin muodostuminen määrää kokoonpanon organisoinnin. Ideaalitulanteessa kokoonpanojärjestelmien layoutit pelkistyvät paikkaan ja linjaan. Tämän pohjalta kokoonpano jaetaan paikkakokoonpanoon, linjakokoonpanoon sekä näitä yhdistävään kokoonpanoon. Kokoonpanoyksiköitä käsiteltäessä on tärkeää, että rajapintojen määrä minimoidaan, peräkkäisten toimintojen lukumäärä supistetaan välttämättömään ja yksinkertaistetaan toimintoja mahdollisimman tehokkaasti. Kuvassa 2.7. on havainnollistettu visuaalisesti paikka- ja linjakokoonpanoa.



Kuva 2.7. Paikkakokoonpano ja kokoonpanolinja (Lapinleimu 2000, muokattu)

Paikkakokoonpanossa tuote pysyy paikoillaan ja muita resursseja kuten materiaaleja, ihmisiä ja koneita kohdistetaan siihen. Kokoonpano paikoillaan soveltuu erityisesti yksittäis- ja pienerätuotantoon. Paikkakokoonpanossa aiemmin mainitut kokoonpanoyksiköiden tärkeät periaatteet ovat optimissaan; ei rajapintoja eikä peräkkäisiä toimintoja yksinkertaisessa muodossa. Työn toiminnan sujuvuuden takaamiseksi osien ja laitteiden on oltava saatavilla; osalogistiikka ja kokoonpanomenetelmän vaatimat kalusteet määräävät järjestelmän layoutin.

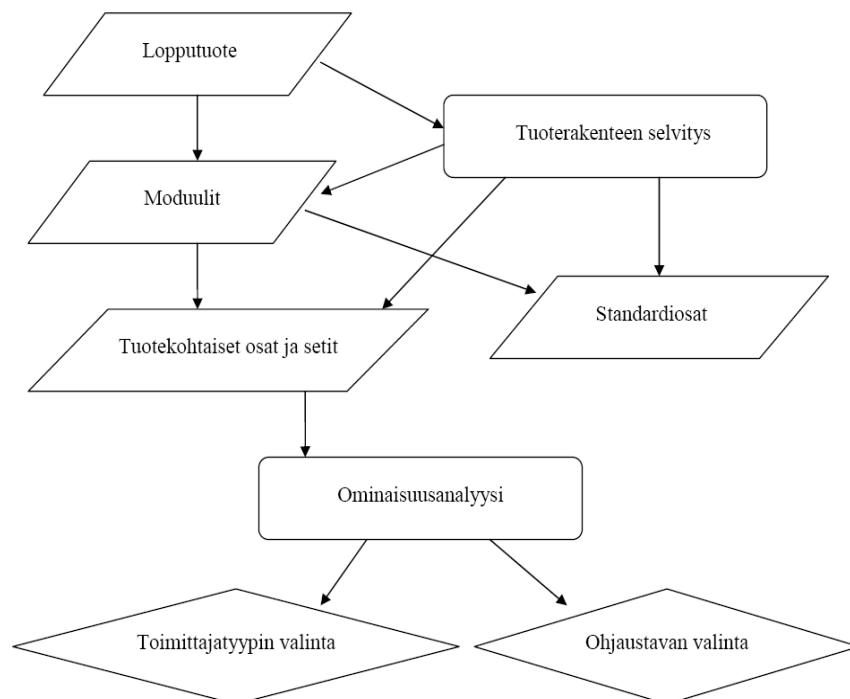
Rinnakkaisilla toiminnoilla paikkakokoonpanoon saadaan lisää kapasiteettia ja tuotavuutta sekä näin ollen myös joustavuutta yhtäaikaisen kokoonpanon mahdollistuttua. Paikkakokoonpanon muita etuja ovat tuotteen liikuttelun minimoituminen, työn monipuolistuminen sekä työntekijöiden laatu vastuun korostuminen. Rajoituksia taas asetavat erityisen ammattitaidon tarve, tilarajoitteet, materiaalikäsittelyn ongelmat ja korkea keskeneräinen tuotanto.

Kokoonpanolinjassa suurta kokonaisuutta pilkotaan pienemmiksi osiksi, jolloin tuotteen hallinta ja kehitys on helpompaa. Kokoonpanolinja on suunniteltu perinteisesti suurille volyymeille ja pienelle tuotevarioituvuudelle. Linjaan on siirryttävä paikkakokoonpanosta, kun osat eivät mahdu ottoetäisyydelle, kun tarvitaan useita työvälineitä tai kun tarvitaan erillisiä kokoonpanokoneita, jotka eivät mahdu paikan ympärille. Teoreettisesti paikkakokoonpano onkin linjan erikoistapaus.

Paikkakokoonpanon ja linjamuotoisen kokoonpanon yhdistelmää kutsutaan hybridi-kokoonpanoksi. Hybridikokoonpanon avulla saadaan yhdistettyä molempien tapojen hyviä ominaisuuksia samaan järjestelmään. Tällainen yhdistelmä on toimiva esimerkiksi, kun valmistetaan laajaa tuoteperhettä asiakastarpeiden mukaisesti nopealla toimitusajalla. (Lapinleimu 2000)

2.2.4. Tuotantoanalyysi

Tuotantoanalyysin perusteella suunnitellaan ja päätetään, miten valmistettavan tuotteen osat hoidetaan tuotannossa. Osien ominaisuudet ja kohdeyrityksen tuotantotekniset valmiudet johtavat hankinta- ja valmistuspäätöksiin. Tuotteen tuoterakenne selvitetään tuotantoanalyysin ensimmäisessä vaiheessa. Tuoterakenteen perusteella tuotteen kaikki mahdolliset moduulit, osat ja aihiot on dokumentoitu sekä jaettu tuotespesifisiin osiin ja standardiosiin. Standardiosia on aina käytettävissä, joten ne eivät vaadi tuote- tai tilauskohtaisia toimenpiteitä. Tuotekohtaisille osille tehdään ominaisuusanalyysi. Ominaisuusanalyysin perusteella valitaan toimittajayksiköt ja ohjaustavat, joista tarkemmin jäljempänä. Kuvassa 2.8. on selvennetty tuotantoanalyysin kulku. (Lapinleimu 2000)



Kuva 2.8. Tuotteen tuotantoanalyysi (Lapinleimu 2000, muokattu)

Ohjaustavat

Materiaalin ohjaustapojen peruseriaatteet ovat tilausohjaus ja varasto-ohjaus. Tilausohjauksessa osien valmistusimpulssit ja osatilaukset toteutetaan vasta, kun on saatu tilaus tuotteesta ja varmistuttu tavarantarpeesta. Varasto-ohjauksessa taas materiaalia ja osia tilataan ja tehdään varastoihin ja tuotannonohjaus säätelee varastojen määrää. Käytännössä toimivat ohjaustavat ovat yhdistelmiä tilaus- ja varasto-ohjauksesta. Tilausohjaus yksistään on periaatteessa ideaalinen ratkaisu, mutta varasto-ohjauksen helppous ja toimitusaikaedut johtavat näiden yhdistelmiin. Järjestelmässä voidaan ja kannattaakin käyttää useita ohjaustapoja, mutta materiaalinohjauksen toimivuuden kannalta yhdellä tuotteella voi olla vain yksi ohjaustapa.

Tilausohjauksessa tavaraa tilataan vain tarpeen mukaan, jolloin etuina ovat joustavuus, varastoinnin vähyys ja epäkuranttiusvaaran puuttuminen. Huonoja puolia ovat vaativat tuotantotekniset ominaisuudet, kuten lyhyt toimitusaika ja pienet valmistuserät. Tämä ohjaustapa soveltuu parhaiten tuotteille, jotka ovat pääomaa sitovia, joiden toimitusaika on sopiva ja joilla on paljon variantteja sekä epäkuranttiusvaara. Tilausohjaus voidaan jakaa vielä kolmeen aliohjaustapaan: suunnitelmaohjaukseen, sykliseen ohjaukseen ja hierarkkiseen ohjaukseen. (Lapinleimu 2000)

Varasto-ohjauksen etuja ovat nopeat toimitukset sekä hoidon helppous; impulssit täydentävät varastoja eikä hankintatoimen tarvitse seurata varastoja tilauksen syntyessä. Varasto-ohjaus soveltuukin parhaiten halvoille ja suurille nimikemäärille. Haittoina tässä ohjaustavassa ovat pääoman sitoutuminen, epäkuranttiusvaara ja varastojen jäykistävä ja tehottomuutta peittävä ominaisuus. Varasto-ohjauksen erilaisia sovelluksia ovat aito imuohjaus, kaksilaatikkajärjestelmä sekä puhdas varasto-ohjaus. Perusohjauseriaatteiden lisäksi erikoisohjaus on käytäntö erikoistapauksille, joille tilaus- ja varasto-ohjaus ei sovellu. Esimerkiksi kappaleen ollessa kallis tai toimitusajan ollessa pidempi kuin itse tuotteen toimitusaika, tarvitaan erikoisohjausta sekä erityistä materiaalinohjauksen ennakkointia, seurantaa ja valvontaa. Erikoisohjauksesta tulee pyrkiä eroon, sillä se ei ole ideaalinen. (Lapinleimu 2000)

Toimittajayksiköt

Toimittajayksiköitä on periaatteessa kolmen tyyppisiä: oman tehtaan valmistusyksikkö, osatoimittaja ja omia tuotteita myyvä komponenttitoimittaja. Osien ominaisuuksien ja analyysien perusteella valitaan toimittava yksikkö. Valinta tehdään samanaikaisesti ohjaustavan valinnan kanssa. Komponenttitoimittajan tuotteita voi ainoastaan valita, ei muuttaa. Osatoimittaja eroaa siitä merkittävästi valmistamalla tuotteita lopputuotetta varten suunnitellulla konstruktiolla. Osatoimittajan ja oman valmistusyksikön välillä ei pitäisi olla tuotteen ja tuotannon näkökulmasta mitään eroa, osatoimittaja on vain irrallinen yksikkö eikä sitä voi määrätä. Ero ei siis näy tuotetasolla vaan omistus-, liikkeenjohto- ja systeemitasolla. (Lapinleimu 2000)

Toimittajayksikön valinta jakaa tuotteen osat kolmeen tyyppiin: M-osat valmistetaan itse, P-osat toimittaa partneritoimittaja ja B-osat ostetaan komponenttitoimittajalta. Näin syntyvä MPB (Make-Partner-Buy) -päätos on tunnetusta MOB (Make-Or-Buy) -analyysistä kehitetty toimintatapa. MPB-ratkaisu on pitkäjänteinen operatiivisen valmiuden muodostamispäätos eikä vuosittaisen kilpailuttamisen tulos. Lyhyen aikavälin vaikeuttaessa osatoimittajien kehittymistä sekä jarruttaessa tehokkuuden, laadun ja nopeuden kehittymistä, MPB-päätos tehdään pitkän aikavälin optimin saavuttamiseksi. (Lapinleimu 2000)

2.2.5. Työntekijöiden kehittäminen

Työntekijät ovat yrityksen voimavara, joka vaatii jatkuvasti kehittämistä. Kasvavassa määrin työntekijältä odotetaan teknistä osaamista, monitoimisuutta ja vastaavaa monitaitoisuutta, joustavuutta sekä yhteistyökykyä, sosiaalisia valmiuksia, luovuutta ja innovatiivisuutta. Tuotteiden monimutkaistuessa ja tuotannon tekniikoiden monipuolistuessa henkilöstöltä odotettavat vaatimukset kasvavat. Henkilöstön on kyettävä vastaamaan vaatimuksiin, jolloin jatkuvalla kehittymisellä, joustavuudella, sosiaalisilla taidoilla ja itseoppivuudella on suuri merkitys. (Lapinleimu 2000)

Myös laadun kannalta henkilöstö on avainasemassa. Pelkästään hyvästä johtamisesta, hienoista tekniikoista ja toimivista prosesseista ei synny laatua, vaan sen takana ovat aina inhimilliset tekijät. Motivoitunut, koulutettu ja työnsä osaava henkilöstö on laadukkaan toiminnan paras tae. Työntekijöiden ollessa laadun tekijöinä, laatuajattelun ja laatupolitiikan jakaminen koko henkilöstön tietoisuuteen on merkittävässä roolissa. Laatuajattelu ei saa kuitenkaan hävittää aloitteellisuutta ja rohkeutta tarttua uusiin ja vaikeisiin asioihin, vaan kyky ottaa vastuuta ja hallittuja riskejä on sisällyttävä henkilökohtaiseen laatuun. Laatu on yleisesti virheistä oppimista! (Lecklin 1999)

Työntekijöiden moniosaaminen on tärkeä osa henkilöstön hallintaa. Monitaitoiset työntekijät parantavat tuotannon joustavuutta sekä auttavat selviytymään tuotevariaatioiden vaihtelujen ja tuotannossa esiintyvien häiriöiden vaikutuksilta. Moniosaamista kehitetään kierrättämällä työntekijöitä työtehtävistä toiseen. Moniosaamisen lisäksi kierrättäminen vähentää työntekijöiden ikävystymistä ja työssä väsymistä, edistää työntekijöiden välistä arvostusta sekä tuottaa kehitysideoita, kun useammat ihmiset ajattelevat, kuinka eri työnvaiheet tehdään. (Hopp 2000)

2.2.6. Järjestys ja siisteys

Hyvä järjestys ja siisteys ovat toimivan, laadukkaan, tuottavan ja turvallisen toiminnan perusedellytyksiä. Hyvä järjestys ja siisteys tuovat muun muassa seuraavia etuja:

1. Tuottavuus ja laatu paranevat turhan työn jäädessä pois, kun kaikki tarpeellinen on käyttökunnossa ja asiankuuluvilla paikoilla.
2. Työmotivaatio ja työviihtyvyys lisääntyvät, kun työympäristö on järjestyksessä ja työn tekeminen on miellyttävämpää ja innostavampaa.
3. Yrityksen ulkopuolinen arvostus lisääntyy luoden paremman yrityskuvan ja lisästen asiakkaiden luottamusta.
4. Toimintavarmuus paranee, kun tarpeettomien töiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset vähenevät.
5. Tapaturma- ja sairauspoissaolot laskevat yleisimpien tapaturmien (liukastumiset, putoamiset, kompastumiset, törmäykset erilaisiin esteisiin jne.) vähentyessä.
6. Varastoinvestoinnit vähenevät hyvän järjestyksen tuodessa tilaa ja varastojen seurannan helpottuessa.
7. Hyvä järjestys ja siisteys tuovat kilpailuetua ja auttavat laatujärjestelmän sisäänajoa. (Euroopan työterveys ja työturvallisuusvirasto, OSHA)

5S-menetelmä on Japanissa syntynyt filosofia, joka keskittyy työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin kasvattaen työn tuottavuutta. Menetelmä koostuu sortteeraus, systematisointi, siisteys, standardointi ja seuranta osa-alueista. Sortteeraus (Seiri (japani), Sort (englanti)) -työnvaiheessa työpaikalta lajitellaan ja poistetaan tarpeettomat tavarat ja vapautetaan tilaa tuottavalle työlle. Systematisoinnissa (Seiton, Set In Order) järjestellään työaluetta toimivampaan kokonaisuuteen. Siisteys (Seiso, Shine) -osiossa huolehditaan työpaikan päivittäisestä siisteydestä. Standardoinnissa (Seiketsu, Standardize) standardoidaan työpaikat parhaat käytännöt ja seurataan niiden noudattamista. Seuranta (Shitsuke, Sustain) vaatii itsekuria ja sitoutumista, kun pidetään huolta sovittujen menetelmien jatkuvasta noudattamisesta. Osa-alueita noudattamalla poistetaan ei-arvoa tuottavaa toimintaa, parannetaan laatua ja turvallisuutta, vältetään kaikenlaista hukkaamista ja tuhlaamista sekä aikaansaadaan visuaalisesti miellyttävä ja tehokas työpaikka. Tuloksena tuottavuus kasvaa. (TPF Europe B.V.)

Turvallisesti tuottavat työtavat TUTTAVA on järjestykseen ja siisteyteen perustuva kehittämisohjelma työpaikoille. Tuttava on yleisesti Suomessa käytettävä sovellus 5S-menetelmästä. Sillä on samansuuntaiset tavoitteet ja pyrkimykset; parantaa ja ylläpitää työpaikkojen järjestystä, siisteyttä, työturvallisuutta ja tuottavuutta sekä antaa positiivista palautetta. Ohjelmassa määritetään, mitä järjestys on selvittämällä työntekijöiden kanssa, millä asioilla on merkitystä turvallisuudelle ja tuottavuudelle heidän päivittäisessä toiminnassa. Tavoitteet sovittua ja määriteltyä, mitataan niiden toteutumista ja annetaan myönteistä palautetta asioiden kuntoon saattamisesta. (Työterveyslaitos, TTL)

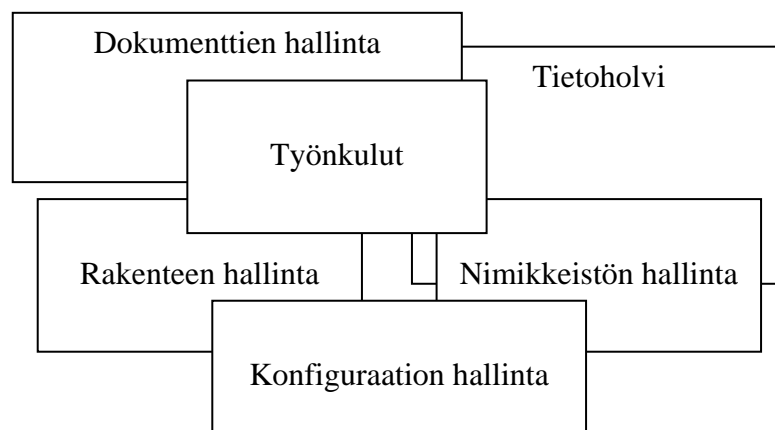
2.3. Tuotetiedonhallinta

Tuotetiedonhallinta -osiossa käsitellään lyhyesti tuotetiedon ja tuotemuutosten hallintaa. Varsinkin tuotetiedon muutosten hallinta on useaan otteeseen diplomityössä käsiteltävien aiheiden ytimessä. Osiossa pyritäänkin käsittelemään aihetta alihankkijänäkökulmasta, keskittyen lähinnä ongelmalliseen tuotetiedon muutoksien toteuttamiseen sekä johdattamaan lukija pikaisesti tuotetiedonhallintajärjestelmän etuihin.

2.3.1. Yleistä

Valmistettavaan tuotteeseen liittyvää tietoa kutsutaan yksinkertaisesti tuotetiedoksi. Se voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään. Tuotteen määrittelytiedot kertovat valmistettavan tuotteen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet. Erilaiset tulkintamahdollisuudet muodostavat määrittelytietojen tarkkuuksista ja täsmällisyyksistä laajan valikoiman. Tuotteen elinkaaritiedot liittyvät nimensä mukaisesti tuotteen ja tuote- tai asiakasprosessin elinkaarivaiheeseen, esimerkiksi määrittelyyn, suunnitteluun, tuotantoon, huoltoon ja käytöstä poistoon. Tuotteen elinkaaren hallinta, PLM (Product Lifecycle Management) huolehtii tuotetietojen käytettävyydestä tuotteen elinkaaren kaikissa toiminnoissa ja toimintojen rajapinnoissa. Tietoa itse tiedosta kutsutaan metatiedoksi. Metatieto kertoo esimerkiksi sen, missä muodossa tieto on, mistä tietovarastosta se löytyy ja kuka on sen tallentanut. (Sääksvuori 2002)

Tuotetiedonhallinta, PDM (Product Data Management), on osa tuotteen elinkaaren hallintaa. Se on systemaattinen ja ohjattu menetelmä teollisesti valmistettavan tuotteen hallintaan ja kehittämiseen. Päivittäisessä toiminnassa tarvittavan tiedon löytäminen, jalostaminen, jakelu ja uudelleenkäyttö on oltava helppoa, nopeaa ja vaivatonta. Kehittynyt tuotetiedonhallinta mahdollistaa nämä ominaisuudet tiedon alustamisen, säilyttämisen, jakelun ja tallentamisen kautta. Tuotetiedonhallinnalla ei tarkoiteta mitään yksittäistä tietokoneohjelmistoa tai menetelmää vaan se on laaja toiminnallinen kokonaisuus, jolla pyritään systemaattisesti hallitsemaan tuotetietoja. Kuvassa 3.1. on esitetty tuotetiedonhallinnan eri osa-alueita. (Sääksvuori 2002)



Kuva 3.1. Tuotetiedonhallinnan osa-alueet (Sääksvuori 2002)

Tuotetiedonhallinta on ennen kaikkea kokonaisuuden hallintaa, jonka kehittäminen perustuu hyvin pitkälle toimivan nimikkeistön varaan. Nimike identifioi, koodaa ja nimeää systemaattisesti fyysisen tuotteen, tuotteen osan, materiaalin tai palvelun. Nimikkeistön yhtenäinen muoto on tuotetiedonhallinnan kannalta erittäin olennaista. Nimikkeistön rakenteen on ryhmiteltävä nimikkeet eri luokkiin ja alaluokkiin sopivalla ja tarkoituksenmukaisella karkeustasolla ja nimikkeistö voi olla yrityksen oman tai vaihtoehtoisesti jonkin laajemman standardin mukainen. Selkeä ja looginen ryhmittely helpottaa nimikkeistön hallintaa. (Sääksvuori 2002)

Lähes poikkeuksetta PDM-lyhenteellä tarkoitetaan myös tuotetiedon hallintaan kehitettyä tietojärjestelmää. Tuotetiedonhallintajärjestelmät koostuvat tyypillisesti seuraavista ominaisuuksista:

- a) Nimikkeiden hallinta
- b) Tuoterakenteen hallinta ja ylläpito
- c) Käyttöoikeuksien hallinta
- d) Dokumenttien ja nimikkeiden tilan ylläpito
- e) Tiedonhaku
- f) Muutosten hallinta
- g) Konfiguraation hallinta
- h) Viestien hallinta
- i) Tiedostojen ja dokumenttien hallinta
- j) Tiedon katoamisen esto
- k) Varmuuskopioiden hallinta
- l) Lokikirjanpito ja tietoholvi

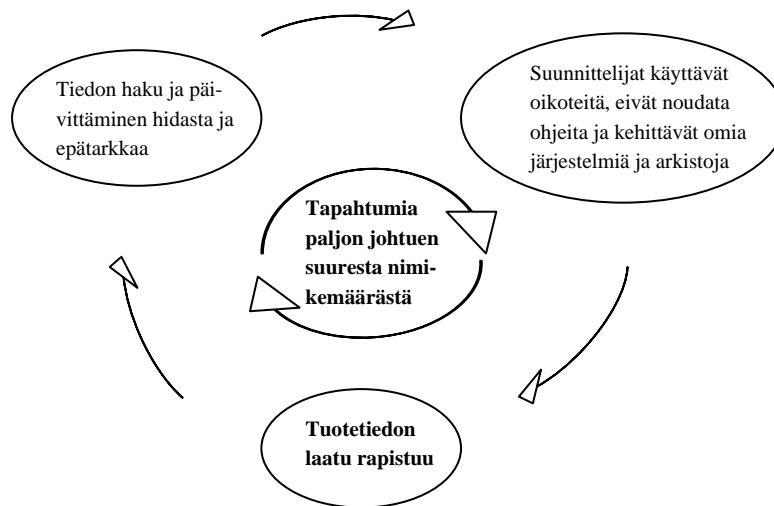
Ominaisuudet saattavat vaihdella hallintajärjestelmistä johtuen mutta pääpaino pysyy yleensä muuttumattomana. Tuotetiedonhallintajärjestelmä hallitsee keskitetysti yrityksen tuotteisiin liittyvää tietoa ja tiedostoja (Sääksvuori 2002)

2.3.2. Tuotetiedonhallintajärjestelmän hyödyt

Puutteellisen tuotetiedonhallinnan aiheuttamat ongelmat sekä alati koveneva kilpailu johtavat usein järjestelmälliseen tuotetiedonhallintaan. Yritystoiminnassa tuotetiedonhallinnan ongelmat kohdentuvat tyypillisesti kahdelle eri alueelle. Ensimmäinen ongelma esiintyy tiedon käyttö- ja tallennusmuotojen vaihtelevuudessa. Tietoa on tuotettu tiettyyn käyttötarkoitukseen mutta sen hyödyntäminen eri kohteessa on ongelmallista. Tiedon ja näin ollen esimerkiksi muodostetun tuoterakenteen pitäisi olla suorasti kaikkien mahdollisten osapuolien käytettävissä.

Toinen pääongelma liittyy tuotettavan tiedon eheyden ja ristiriidattomuuden varmistamiseen. Eri yksiköiden, osastojen ja jopa yritysten tuottaessa ja säilyttäessä tuotetietoa eri tietovälineillä, poikkeavilla suojaus- ja käsittelytavoilla, aiheuttavat useita mahdollisia ongelmatilanteita esimerkiksi tiedon viimeisimmän version ja tiedon sijaintipaikan suhteen. Koveneva kilpailu taas aiheuttaa muutosnopeuksien kasvua, tuotteiden elinkaaren lyhenemistä ja tuoterakenteiden variaatioiden määrän lisääntymistä.

Edellä mainitut pääongelmat, lisääntyvät muospaineet ja tuotetiedon määrän kasvu aiheuttavat tuotetiedon ongelmakeiirteen. Työläs tuotetiedon ylläpito ja hidas tiedon haku johtavat epätarkempaan ja epäsäännöllisempään tiedon päivittämiseen. Vähitellen päädytäänkin oikomaan ja olemaan noudattamatta oikeanlaista protokollaa, jolloin ongelmat vain kasaantuvat ja tuotetiedonhallinta rapautuu. Kuvassa 3.2. on esitetty tämä rapistuvan tuotetiedon noidankehä. Kierteen katkaisemiseen tarvitaan toimintatapojen parantamista ja yhdenmukaistamista sekä standardointia. (Sääksjärvi 2002)



Kuva 3.2. Rapistuvan tuotetiedon noidankehä (Sääksjärvi 2002)

Suurin osa tuotetiedonhallinnan ongelmista saadaan ratkottua toimivan järjestelmän avulla. PDM-järjestelmä soveltuu erinomaisesti sekä yrityksen sisäisen että yritysten välisen tiedonvälityksen kehittämiseen. Järjestelmän avulla voidaan parantaa suoraa tiedonvälitystä, tiedostojen siirtoa ja eri tallennusmuotojen konversioita. Kommunikaation kehittäminen organisaation eri osastojen ja muiden sidosryhmien välillä on ehkä tärkein yksittäinen hyöty toimivasta tuotetiedonhallintajärjestelmästä. Toiminnan laadun, tehokkuuden ja nopeuden parantuminen ovat kommunikaation paranemisen tuomia välillisiä hyötyjä. Kaiken tyyppisen hukkатыön radikaali väheneminen onkin kenties tärkein tuotetiedonhallintajärjestelmän investointipäätöksen näkökohta.

Seuraavassa on lueteltu PDM-järjestelmän avulla saavutettavia mahdollisia hyötyjä:

- Tuoterakenteen määrittelyyn kuluvan ajan, jälkikäteen tehtävän tiedon korjaamisen sekä päällekkäisen työn väheneminen
- Osien ja piirustusten historiatietojen löytymisen ja suunnittelutiedon saatavuuden helpottuminen
- Dokumenttien laatimisen helpottuminen ja nopeutuminen
- Ulkoisen ja sisäisen palvelutason nouseminen
- Laadun paraneminen muutosinformaation jakelun nopeutuessa ja varmentuessa, dokumentin muutoksien hyväksymisen elektronisoistuessa sekä suoraan tuotteeseen tai dokumenttiin liitettävien liitteiden mahdollistuessa
- Tietoturvan paraneminen

- Toiminnan joustavuuden lisääntyminen
- Sidotun pääoman pieneneminen nimikkeistön vähennyttyä ja standardisoiduttua sekä varaston pienennyttyä
- Kokonaiskuormituksen hallinnan helpottuminen (Sääksjärvi 2002)

Mainitut hyödyt eivät kuitenkaan ole vain järjestelmän itsensä aikaansaamia muutoksia. Tuotetiedonhallintajärjestelmä ei automaattisesti paranna minkään yrityksen toiminnan tehokkuutta, vaan tuloksia saavutetaan yrityksen onnistuneen toimintatavan muutoksesta. Järjestelmä on vain organisaation käyttöön tuleva työkalu, jota voidaan käyttää oman työn tehostamiseen, eri organisatoristen rajapintojen murtamiseen, fyysisten etäisyyksien poistamiseen sekä päivittäisessä työssä esiintyvien vaikeuksien voittamiseen.

2.3.3. Muutosten hallinta

Dokumenttien, nimikkeiden ja rakenteiden muutosten hallinta on erittäin tärkeässä roolissa tuotetiedonhallinnassa. Muutosten on näyttävä selkeästi ja yksiselitteisesti kaikissa organisaation osissa, jotka tarvitsevat tietoa tuotteesta tapahtuneista muutoksista. Alihankintatoiminnassa muutoksien hallinta vaatii erityishuomiota. Muutosten hallinta voidaan toteuttaa keskitetysti PDM-järjestelmän avulla siten, että muutosprosesseihin saadaan hyvä hallittavuus ja riittävän laaja näkyvyys. Lisäksi muutoshallinnalla mahdollistetaan tuotteeseen tehtyjen suunnittelumuutosten jäljitettävyyden.

Tuotetiedonhallintajärjestelmän kautta muutoksenhallinta mahdollistaa useita etuja ja kehittämismahdollisuuksia muutosprosesseissa. Muutoksenhallintatyökalulla muutosprosessit saadaan tapahtumaan hallitusti ennalta sovitun toimintatavan mukaisesti ja tiedottaminen, esimerkiksi sähköpostin välityksellä, saadaan toteutumaan järjestelmällisesti. Toisaalta muutosprosessit sähköistyvät, virtaviivaistuvat ja nopeutuvat sekä ajoitetut muutokset mahdollistuvat. (Sääksvuori 2002)

Varsinainen muutosprosessi koostuu muutospyynnöstä/tarpeesta, muutoksen käsitteystä, muutoksen toteuttamisesta sekä muutoksen vapauttamisesta. Muutospyyntö tai muutosmääräys käynnistää prosessin. Muutoksen syynä voi olla esimerkiksi suunnitelmassa havaittu virhe, idea paremmin toimivasta ratkaisusta tai asiakkaan vaatimus. Muutoskohde määritellään asiayhteyden vaatimalla tarkkuudella ja toimitetaan muutoksista vastaaville osapuolille. Muutoksen käsittelyssä muutos katselmoidaan sekä päätetään toteutuksesta ja tämän jälkeen tehdään varsinainen muutos. Mahdollisten muutosten toteuttamisen jälkeen muutoksista vastaavat henkilöt tekevät muutosmääräyksen ja vapauttavat dokumentit, nimikkeet tai rakenteet jakeluun. Jakelu tapahtuu järjestelmäkohtaisesti ja on tärkeässä roolissa muutoksien lopullisen toteutumisen ja onnistumisen suhteen.

3. VALMISTUSPROJEKTIN LÄHTÖTASO

Valmistusprojektin lähtötaso -osiossa perehdytään lyhyesti katapulttivalmistuksen käynnistämiseen Nokian Npt Oy:llä. Osio on tarkoituksella jätetty vain pikaiseksi alku-tilanteen kuvaukseksi, josta katapulttivalmistuksen kehittäminen on allekirjoittaneen osalta lähtenyt käyntiin. Varsinaisella lähtötasolla tässä työssä tarkoitetaan vain katapulttialihankkijavalmistajan vaihtoetkeä ja ensimmäisen projektin käynnistämistä. Tavanomaista tai aikaisempaa lähtötasoa olisi hankala määritellä tai selvittää, koska minkäänlaisia historiatietoja aikaisemmasta toiminnasta tai valmistuksesta ei ole ollut saatavilla. Valmistusprojektin kehittäminen -osiossa käsitellään yksityiskohtaisemmin katapulttivalmistuksen lähtökohtia, mutta vertailukohtina pidetään pääsääntöisesti ensimmäisten valmistusprojektien tasoa ja tuotosta. Valmistuksen lähtötaso -osio jakaantuu kolmeen alaosiin; valmistuksen käynnistäminen, ulkoiset ja sisäiset ongelmakohdat.

3.1. Valmistuksen käynnistäminen

Kuten yllä on todettu, katapulttivalmistus Nokian Npt Oy:llä käynnistyi Robonic Ltd Oy:n vaihtaessa, kasvupaineiden vuoksi, alihankkijavalmistajaa noin kolme vuotta sitten. Projektille vaadittiin nimetty projektipäällikkö ja haaste heitettiin allekirjoittaneelle. Tehtävän haasteellisuus ja tulevaisuuden mahdollisuudet kiehtoivat sekä loppusuoralla olevat opinnot mahdollistivat toteutuneen nimityksen. Kohdeyrityksessä saavutettu aiempi työkokemus helpottivat lähtötilannetta mutta ilman minkäänlaista suurempaa kokemusta vastaavanlaisista valmistusprojekteista, projektipäällikkö tarttui haasteeseen ja on ollut siitä lähtien mukana katapulttivalmistuksessa.

Varsinainen projektin valmistusosuus käynnistyi piirustuspakettien luovutuksella ja tämän jälkeisellä suuritoisella tutustumisella valmistuskokonaisuuteen. Laitteesta vastaanotettiin pari valmistuspiirustuskansiota sekä sähköinen dwg (Drawing) -kuvapaketti. Laitteen ominaisuuksiin paneuduttaessa aloitettiin valmistusosien jaottelua ja osatoimitajien osuuksien suunnittelua. Suhteellisen nopean tutustumisen perusteella aloitettiin laitteen osavalmistus. Ennen laitteen valmistuksen aloittamista toteutettiin myös jonkin verran esiin tulleita suunnitelmamuutoksia valmistusteknisten ratkaisujen ja uusien ideoiden pohjalta.

Projektin käynnistämisen vaiheeseen kuului olennaisesti erittäin paljon tutustumis- ja suunnittelupalavereja, työtekijävalintoja, työtilasuunnittelua sekä muuta olennaista uuden valmistusprojektin käynnistämiseen liittyvää. Valmistuksesta määriteltiin myös vastuunjako osapuolien välillä. Vastuujakotaulukossa jaotellaan valmistuksen ja hankintojen vastuualueet Nokian Npt Oy:n ja Robonic Ltd Oy:n sekä muiden kolmansien osapuolien (esimerkiksi sähkötoimittajat ja aikaisempi alihankkijavalmistaja) välillä.

Lähtökohdat laitteen valmistamiselle olivat erittäin haastavat. Laitteen suunnittelun oli tehnyt valmistuksesta erillinen yksikkö, tässä tapauksessa asiakas. Laitteen monimutkaisen kokonaisuuden sisälle pääsemisen edellytys oli ankara paneutuminen ensin piirustuksiin ja näin ollen laitteen rakenteeseen ja lopulta itse toimintaan. Kokemattomuus kyseisen laitteen valmistuksesta ja yleisesti vastaavantasoisista valmistusprojekteista toivat omat haasteensa onnistumiselle ja tulevaisuuden näkymille. Haasteellisten lähtökohtien lisäksi valmistukseen liittyvät useat ulkoiset ja sisäiset ongelmat vaikeuttivat osaltaan katapulttivalmistuksen käynnistymistä.

3.2. Ulkoiset ongelmat

Robonic Ltd Oy on valmistuttanut historiansa aikana useita katapultteja. Ennen alihankkijavalmistajan vaihdosta, nykyistä kolmannen sukupolven malliakkin oli valmistettu jo useita kappaleita. Historian varrella kertyneestä valmistuskokemuksesta huolimatta ensimmäisissä Nokian Npt Oy:llä valmistetuissa projekteissa kohdattiin monenlaisia hankaluuksia. Osaltaan tähän vaikutti valmistuskokemuksen puute ja järjestelmällisen valmistuksen aloittaminen, osaltaan kunnollisten ja tarkempien valmistustietojen ja -ohjeiden puuttuminen sekä valmistuspiirustusten ja -tietojen osittainen paikkansapitämättömyys.

Valmistuspapereiden lisäksi varsinainen valmistusinformaation puute aiheutti ongelmia. Alihankkijavalmistaja vaihdoksen vuoksi aikaisempia valmistustietojen heikko saatavuus lisäsi epävarmuutta. Dokumentoituja tietoja tai tilastoja aikaisempien projektien valmistusaikatauluista, yksityiskohtaisista valmistusratkaisuista, valmistuslaadusta tai erikoistoimenpiteistä oli niukasti käytettävissä tai saatavilla. Onnistuneen yhteistyön ja erinäisten muutostöiden seurauksena projektit kuitenkin saatiin kunnialla valmiiksi.

Osatekijänä Nokian Npt Oy:llä käynnistyvän valmistusprojektin onnistumiseen voidaan katsoa olleen niin sanottuna mallikoneena toiminut aikaisemmin valmistettu toimiva ja käytössä ollut katapulttikokonaisuus. Ilman tätä mallikonetta valmistus olisi ollut paljon hankalampaa. Mallikoneen avulla kokonaisuuden hahmottaminen helpottui ja vajavaiset kokoonpanopiirustukset ja -ohjeet saivat lisätukea ja selvennystä. Valmiista koneesta saatiin myös runsaasti apuja ja ratkaisuja esille tullessiin ristiriitoihin sekä ongelmatilanteisiin. Useat ongelmat ratkaistiin toteuttamalla mallikoneen ratkaisumalli. Ikävä kyllä, myös useita laatuvirheitä ja huonoja ratkaisumalleja kopioitui. Mallikone oli toimiva ja hyväksyttävä kokonaisuus ja näin ollen muodosti kohdeyrityksen valmistusprojektien laatutasoon lähtötason.

3.3. Sisäiset ongelmat

Aiemmasta valmistuksesta johtuvien ongelmien lisäksi, täysin uuden ja näinkin mittavan valmistusprojektin käynnistäminen kohdeyrityksessä aiheutti omat ongelmansa. Ymmärrettävästi paras mahdollinen lähtökohta valmistusprojektille ei synny toisilleen tuntemattomista työmiehistä, lähes tuntemattomista valmistustiloista, täysin tuntemattomasta laitteesta ja uudesta kokemattomasta projektipäälliköstä. Uuteen tilanteeseen sopeutuminen vaatiikin runsaasti aikaa ja totuttelemista. Alkuaikoina runsaasti ongelmaa tuottikin esimerkiksi kommunikaation puutteesta johtuva heikko sisäinen tiedonkulku sekä projektinhallinnan epäjärjestelmällinen ja ehkä jopa vajavainen toiminta.

Kohdeyrityksen käytössä muokkaantuneet toimintatavat ja käytännöt muodostivat pohjan, jolla valmistusprojekti saatiin käyntiin, mutta kuten nyt on todettu, kehitettävää on ollut runsaasti. Esimerkiksi aihio- ja komponenttituotanto, sisäiset tilaukset, kirjanpito ja laadunvarmistus olisivat voineet toimia alusta lähtienkin tehokkaammin. Uusi haasteellinen valmistusprojekti toi esiin myös paljon kohdeyrityksen tuottamia sisäisiä laatuvirheitä ja hukkatuotteita esiintyi kohtuullisen paljon varsinkin valmistustapa- ja mallinnusvirheiden kautta. Alkujaan näitä virhekohtia esiintyikin runsaasti, mutta suurin osa kuitenkin korjattiin heti niiden ilmettyä.

Työn haasteellisuus ja kiire aiheuttivat omalta osaltaan varsinkin jatkoprojekteissa ilmeneviä virheitä. Kaikki virheet ja ongelmat eivät tulleet suunnittelun tai projektivas-
taavan tietoon, työntekijät ratkaisivat ongelmat itsenäisesti vain meneillään olevaan projektiin, jolloin seuraavakin projekti sisälsi samat ongelmat. Kiireettömämmällä aikataululla olisi välttytty monilta virhekohdilta ja esimerkiksi huolellisemmalla työskentelyllä suunnittelun ongelmat olisi voitu välttää.

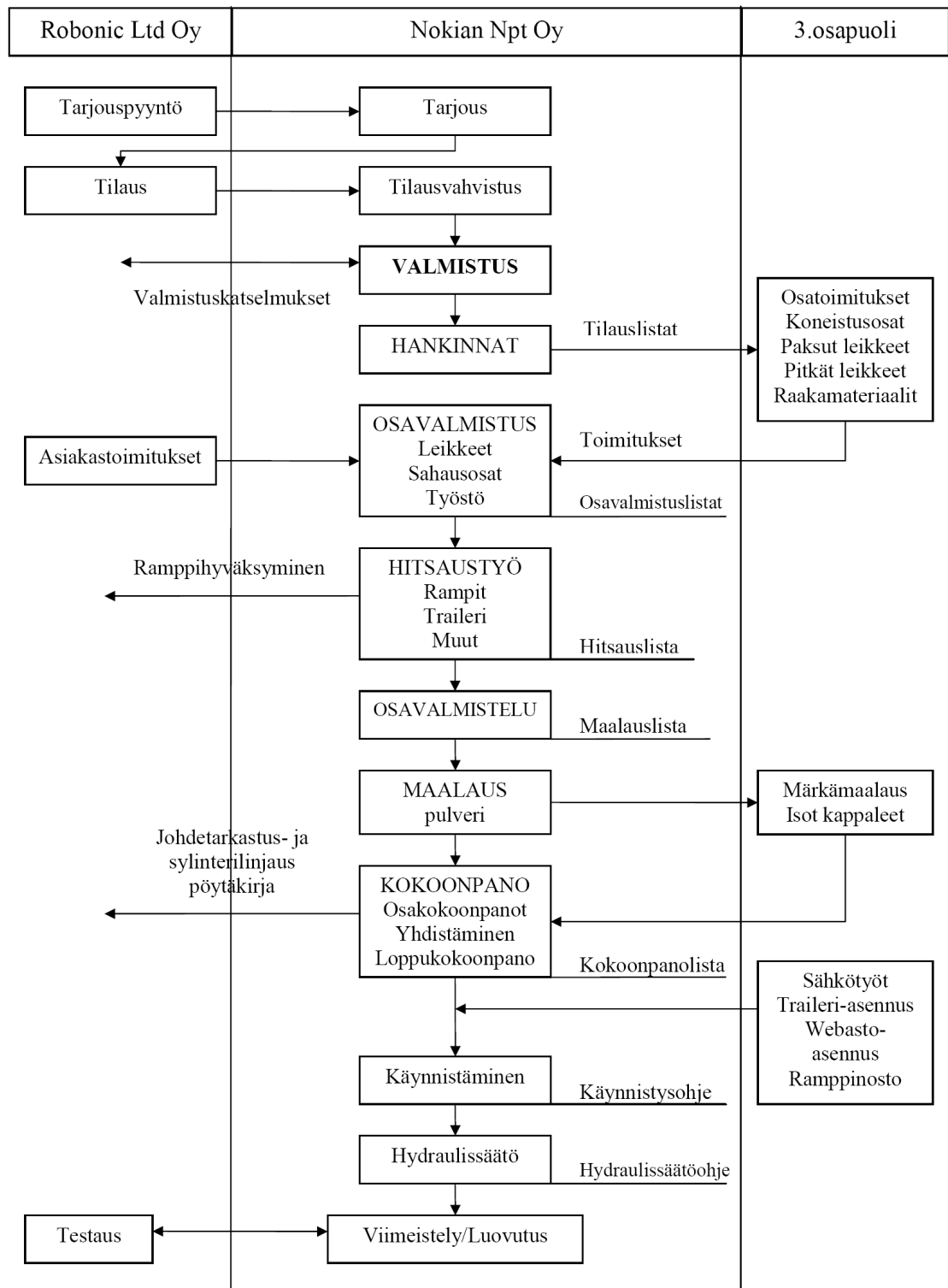
4. VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN

Valmistuksen kehittämisosuus on tämän diplomityön laajin kokonaisuus ja pääpaino onkin tarkoituksella kohdistettu tähän osioon. Vaikka soveltava osuus on jaoteltu lähtötilanne-, kehitystyö-, tulokset ja jatkokehitystoimenpideoisioihin, kehitystyöosio sisältää luonteensa vuoksi jonkin verran näitä kaikkia. Koska kyseessä on lähes tyhjästä alkaneen valmistusprojektin kehittäminen, monet kehitystoimenpiteet saattavat vaikuttaa hyvin vähäpätöisiltä. Joka tapauksessa mahdollisimman moni kehitysaskel on pyritty ottamaan huomioon, koska pienien vaikutuksien yhteistuloksella on päästy nykyiseen tilanteeseen, jossa katapultin valmistus on huomattavasti ongelmattomampaa ja lopputulos laadukasta. Vaikka työssä pyritäänkin käsittelemään mahdollisimman monia kehitysasioita, hyvin useat kohdat ovat varmasti jääneet huomioimatta.

Valmistuksen kehittämisen käsittely on jaoteltu itse katapulttivalmistuksenkin noudattamiin osa-alueisiin. Katapultin valmistus noudattelee suurilta osin samoja jaotteluita kuin tämä työkin. Näin ollen valmistuksen kehittäminen -osuus näyttelee suurta roolia myös valmistusohjeen perustana. Käsiteltävät osa-alueet ovat suunnittelutyö, toimittajat, osavalmistus, hankintaosat, asiakastoimitukset, hitsaustyö, osavalmistelu, maalaus, kokoonpano- ja asennustyöt, sähkötyöt, työntekijät, työtilat ja oheistuotteet.

Suunnitteluosuus ei varsinaisesti kuulu valmistuksen vastuualueisiin, mutta kokonaisuuden hahmottamiseksi sen käsitteleminen on katsottu tärkeäksi. Alihankinta, osavalmistus ja hankintojen käsitteleminen ovat katapultin valmistuksen aihio- ja komponenttituotantoa. Hitsaustyö, osavalmistelu, maalaukset sekä kokoonpano- ja asennustyöt ovat itse varsinaista katapultin valmistamista. Loput osa-alueet ovatkin valmistusta tukevia kokonaisuuksia, joiden kehitystyö ja kirjaaminen on katsottu tärkeäksi kokonaisuuden hallinnan kannalta.

Kaaviokuva 4.1. kuvaa katapultin valmistuksen pääosa-alueet. Valmistuskaavio selkeyttää katapulttivalmistuksen vaiheita ja tässä tapauksessa myös esittää tämän työn valmistuksen käsittelyn järjestystä. Kirjausjärjestyksessä on pyritty noudattamaan valmistusvaiheita. Toisaalta valmistuskaavio toimii myös valmistuksen runkona sisältäen kehitettyjen valmistusluetteloiden ja -ohjeiden käyttökohteet sekä valmistukseen osallistuvien osapuolien rajapinnat.



Kuva 4.1. Katapultin valmistuskaavio

4.1. Suunnittelutyö

Valmistuksen on valmistettava suunnitellut kappaleet ja tuotteet siten, että ne vastaavat piirustuksia. Toisaalta piirustuksien on vastattava myös tehtäviä kappaleita. Aina ei ole mahdollista valmistaa osia, kuten suunnittelija on ajatellut tai hahmotellut ja usein onkin helpompi muuttaa piirustuksia kuin kehittää uusia valmistusmenetelmiä. Suunnittelutyö muodostaa katapultin valmistusprojektin perustan. Suunnitteluksi käsitetään tässä osuudessa itse laitteen suunnittelu valmistuspiirustuksiin liittyviltä osin. Robonic Ltd Oy on laitteen valmistuttaja ja vastuussa kaikista piirustuksista. Uudet piirustukset ja päivitykset ovat asiakkaan tekemiä ja yleensä yhteistyössä katselmoituja. Nokian Npt Oy:n suunnittelutyö ei suoranaisesti kosketa itse laitteen suunnittelua, vaan valmistustekniikkaa, joten tältä osin suunnittelua käsitellään lyhyesti jäljempänä valmistusosuuksien yhteydessä.

Katapulttien valmistuksen alkaessa lähtökohdat suunnittelutyön osalta olivat erittäin keskeneräiset ja toimimattomat. Yhteistyö edellisen alihankkijan ja Robonic Ltd. Oy:n välillä ei ollut toiminut; valmistusinformaatiota ei ollut siirretty eteenpäin, vaan muutoksia oli nähtävästi tehty oman mielen mukaan. Näin ollen muutokset eivät olleet siirtyneet piirustuksiin, minkäänlaista tietoa valmistusmenetelmistä ei ollut olemassa eikä mitään muutakaan valmistusta tukevaa tietoa ollut saatavilla. Ensimmäistä katapulttia valmistettaessa näistä johtuvat ongelmat tulivat ilmi. Suunnitellut piirustukset eivät vastanneetkaan todellisuutta ja ne eivät toimineet tarkoituksenmukaisesti. Piirustuksissa oli runsaasti virheitä ja kokoonpanokuvat olivat sekavia sisältäen runsaasti vanhaa sekä väärää tietoa. Valmistusmenetelmien kanssa sai taistella kohtuuttomasti ja moninaisia valmistustavoista johtuvia virheitä sekä ongelmia kohdattiin.

Paikkansapitämättömyyden lisäksi piirustuksissa oli myös monenlaisia muita valmistuksen työtä hankaloittavia virheitä. Piirustuksissa esiintyi runsaasti vaihtelevia merkintätapoja esimerkiksi materiaalien ja standardiosien suhteen, osalistaukset olivat sekavia ja esimerkiksi kokoonpanokuvat olivat joskus hyvinkin vaikeaselkoisia ja toteuttamiskelvottomia. Toisaalta useiden piirustusten fyysinen puuttuminen valmistuspiirustuksista ja kuvapaketeista aiheutti runsaasti keskeytyksiä ja päänsärkyä ensimmäisten projektien etenemiselle.

Yksi selkeä ongelmakohta on ollut piirustusnumerottomat kappaleet. Useat kokoonpanokuvat sisälsivät runsaasti osia, joista osalistauksessa annettiin vain mitat ja perustiedot. Tällaisia osia olivat esimerkiksi useat putkiosat sekä selväpiirteiset leikekappaleet. Vaikka kappaleet olivatkin pääsääntöisesti yksinkertaisia, niiden käsitteleminen niin sanottuina ahiomalleina on laadukkaan valmistuksen esteenä. Piirustukset on löydettävä jokaisesta erillisestä suunnitellusta kappaleesta. Yksittäisten piirustusten löytäminen on perusedellytys kehittyneelle osavalmistukselle. Osia valmistettaessa mittoja ja kokoja ei tarvitse kaivaa esille kokoonpanokuvista, vaan jokaisen yksilöllinen piirustus määrittelee kaiken yksiselitteisesti ja varmasti. Toisaalta kirjanpito valmistuslistojen ja varaston hallinnan suhteen saadaan täydelliseksi käytettäessä ainoastaan piirustusnumeroisia piirustuksia.

Suunnitteluongelmien korjaamiseksi on tehty paljon töitä ja muutospyyntöjä ja näiden toteutuksia on tapahtunut erittäin paljon. Suuret päivitysmäärät ovat myös osaltaan aiheuttaneet ongelmia. Kaikki päivitykset eivät ole tulleet esille ja esimerkiksi revisiomerkinä on unohdettu. Aina jos piirustus muuttuu, on kappaleesta tehtävä myös uusi revisio, muutoksien muutokset eivät saa olla syy saman revision uusimiseen.

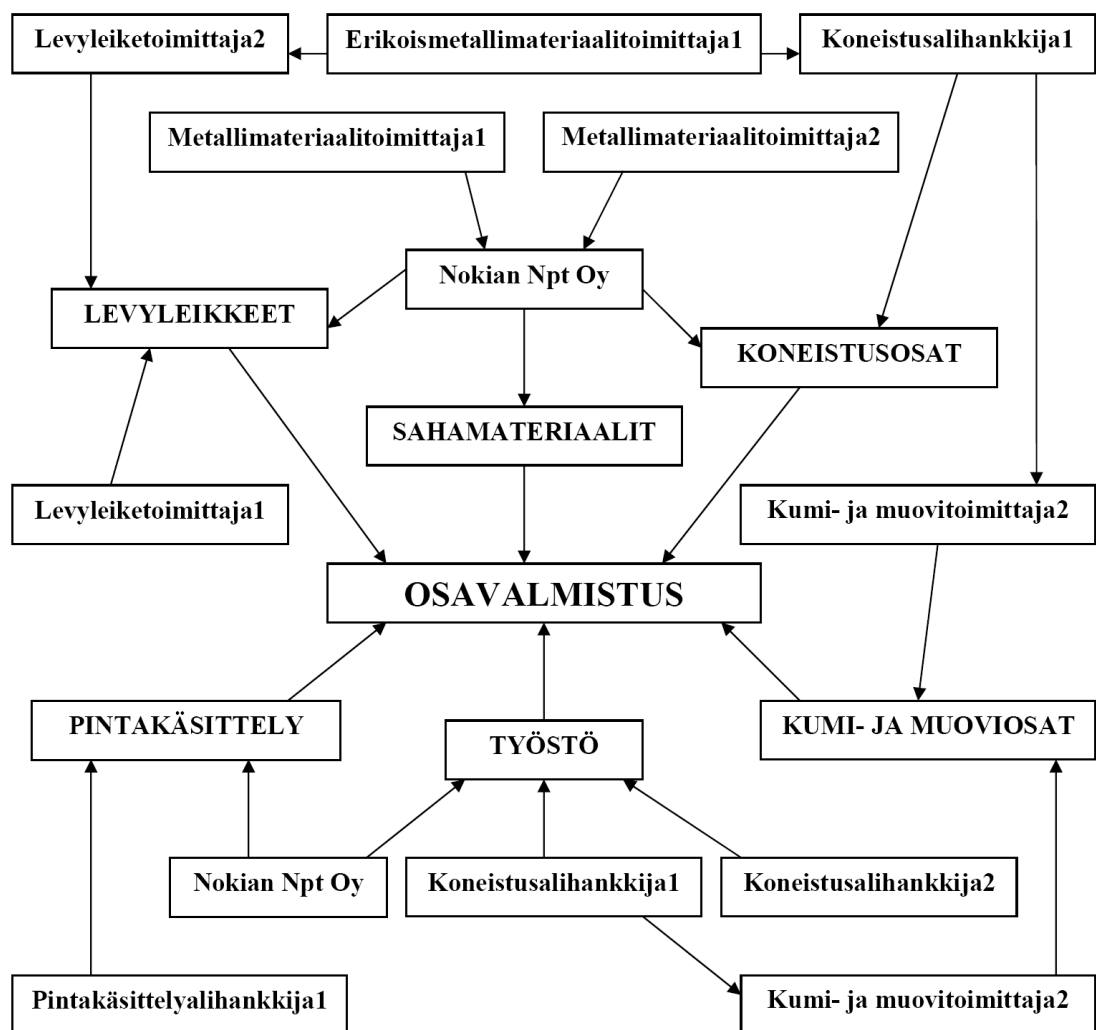
Korjauspäivityksien lisäksi myös kehityspäivityksiä on tehty runsaasti. Näitä kehityskohteita käsitellään tarkemmin tulevissa osioissa. Parannuksia on saavutettu valmistavuuden ja kokoonpantavuuden sekä toimivuuden suhteen. Useissa kehityskohteissa valmistuskoneiden tuottama laatu on ollut muutoksien perustana. Pitkäjänteisen suunnittelun ja valmistuksen välisen yhteistyön tuloksena on päästy tyydyttävään nykytilanteeseen, jossa epäkurantteja piirustuksia ei enää esiinny ja suurin osa aiemmin esiintyvistä epäkohdista on otettu huomioon ja korjattu. Suunnittelutyön ja varsinkin piirustusten kehittymisen ja kehityskaaren perusteella voidaan todeta, että on kuljettu pitkä tie ensimmäisten niin sanottujen proto-laitteiden valmistuksesta valmistusprojektien nykyiseen laatutasoon.

Suunnittelutyön tuloksien käsitteleminen on kehittynyt myös osaltaan. Valmistuneet suunnittelutyön tulokset ohjautuvat valmistukselle kuvalähetysten ja katselmuksien välityksellä ja valmistuksen tehtäväksi jää niiden käyttöönotto ja toteuttaminen. Uuden/päivitetyn kuvan saavuttua, muutos täytyy ottaa huomioon erinäisissä valmistuskansioissa ja -tiedostoissa sekä aiho- ja komponenttituotannossa ja ulkoisessa osavalmistuksessa. Ajan mittaan kehittyneet selkeät arkistoinnit ja jaottelut sekä järjestelmällinen muutuskäytäntö mahdollistavat lähes ongelmattoman päivityksien käyttöönoton. Nykypäivänä käytettävät selkeät päivityskatselmoinnit työntekijöiden kanssa taasen siirtävät päivittyneet tiedot yksiselitteisesti valmistusosastojen tietoon.

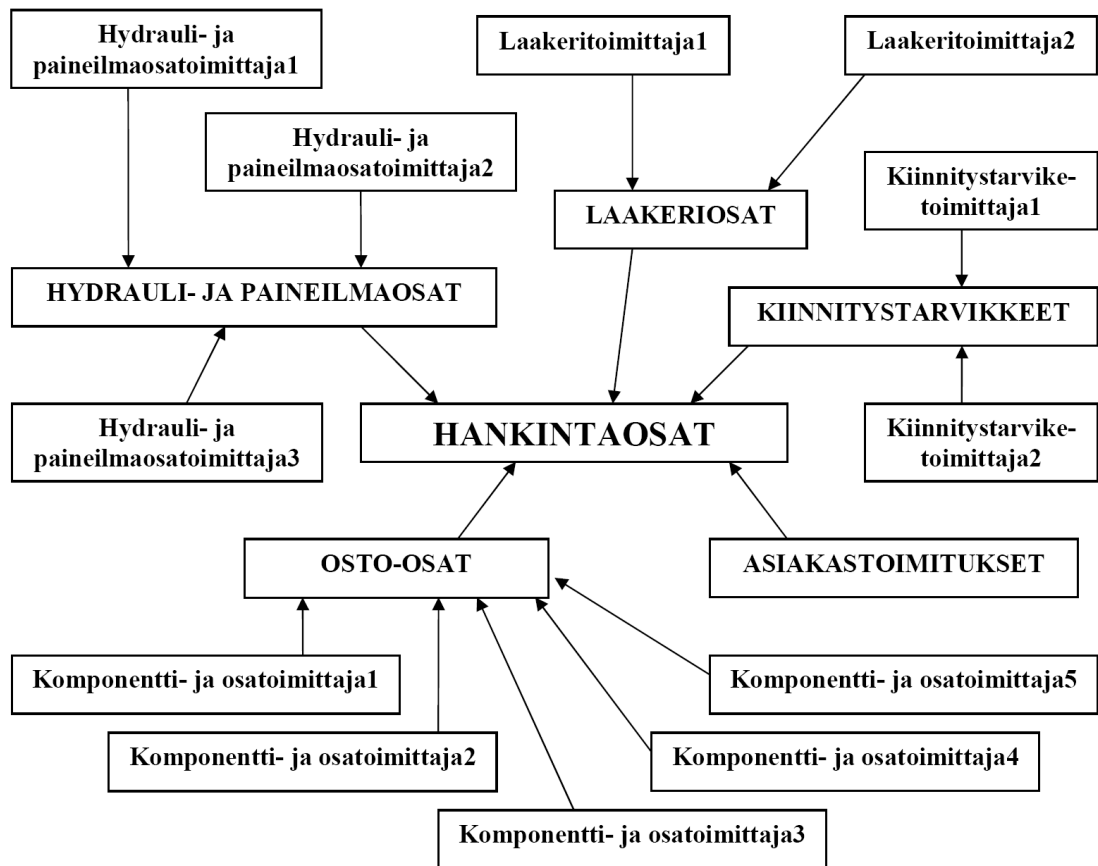
Vaikka suunnitteluosuus on nykypäivänä kohtuullisen hyvällä mallilla, kehitystoimenpiteitäkin löytyy. Materiaalimerkintöjen osalta piirustuksissa on runsaasti poikkeavuuksia sekä erilaisuuksia, joihin olisi hyvä saada muutoksia. Vanhoja materiaalimerkintöjä, pintakäsittelymerkintöjä ja viittauksia, esimerkiksi vanhempiin katapulttimalleihin tai piirustuksiin, pitäisi päivittää nykyisten käytäntöjen mukaisiksi. Yksi selkeä kehitystoimenpide suunnittelutyön osalta voisi olla piirustuksien revisiomerkintöjen liittäminen dwg-tiedostojen tallennusnimiin. Revisiomerkintöjen lisääminen tiedostonimiin selkeyttäisi tiedostojen ja revisioiden hallintaa. Sähköiset tiedostojen tallennusnimet eivät yleensä sisällä revisioita ja koska jokapäiväinen valmistustyö on yksinkertaisimmillaan tiedostojen pyörittelyä, merkintöjen puuttuminen teettää aina lisätyötä.

4.2. Toimittajat

Valmistusprojektin käynnistysvaiheessa valmistussuunnittelun ensimmäisiä vaiheita olivat osatoimittajien valinnat; kaikkia valmistettavia tuotteita ei luonnollisesti ollut mahdollista valmistaa itse. Osatoimittajat valittiin pääsääntöisesti yrityksen vanhojen kontaktien perusteella sekä tietyissä osissa noudatettiin asiakkaan vaatimuksia. Raaka-ainemateriaalitoimittajien valinta perustui mahdollisimman monipuoliseen valikoimaan, jolloin hankintoja pystyttiin keskittämään mahdollisimman paljon. Komponenttiosien hankinta tehtiin suoraan valmistajilta tai tutkinnan perusteella löytyneiden osien valtuutetuilta välittäjiltä. Standardoituja tuotteita, joiden hankintaan valmistuksella oli vapaat kädet, hankittiin useilta eri kilpailevilta toimittajalta.



Kuva 4.2. Osavalmistuksen toimittajaverkko



Kuva 4.3. Hankintaosien toimittajaverkko

Kuvissa 4.2. ja 4.3. on esitetty nykyään käytettävät toimittajaverkot osavalmistuksen ja hankintaosien suhteen. Useat toimittajat ovat pysyneet samoina alkuhetkistä lähtien, mutta myös paljon muutoksia on tapahtunut valmistuksen kehittämisen puitteissa. Kilpailuttamisen kautta on päädytty nykyisiin toimittajiin. Kilpailulla ei ole pyritty ainoastaan kustannusten alennuksiin, vaan myös kokonaisvaltaisesti tyydyttäviä toimittajia on etsitty. Toimittajien tarjoama palvelu ja tuottama asiakastyytyväisyys on aina ollut suuressa roolissa toimittajaverkkoa kehitettäessä. Yhteistyön sekä toimittajien toimintojen ja hallinnoinnin on oltava toimivaa ja laadukasta. Tarkempaa toimittajien valinnan kehittymistä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin osavalmistussuodessa.

4.3. Osavalmistus

Katapultin varsinainen valmistus alkaa osavalmistuksella. Osavalmistus -osuus koostuu laitteeseen suunniteltujen eli piirustusnumerollisten osien valmistamisesta ja hankinnoista. Osavalmistus jakautuu levyleike-, sahaus-, koneistus-, sekä kumi- ja muoviosakokonaisuuksiin. Myös työstöosat kuuluvat tähän osioon. Määrällisesti suurin osa kappaleista valmistetaan omassa tuotannossa. Pitkät ja paksut leikkeet, suurin osa koneistusosista sekä kumi- ja muoviosat valmistetaan alihankkijoilla. Katapultin valmistamiseen tarvittavat osat ja hankinnat on jaoteltu valmistuksen mukaisesti useisiin luetteloihin. Nämä valmistusluettelot ovat kehittyneet projektien edetessä nykyiseen muotoonsa ja toimivatkin valmistuksen ydinohjeina. Luetteloiden jaottelua käydään tarkemmin lävitse tulevilla osioilla.

Katapulttitilauksen saavuttua osavalmistus ja siihen liittyvät hankinnat pyritään aloittamaan pikaisesti. Tarvittavat materiaalitilaukset sekä kiireiset ulkoisesti hankittavat valmistusosatilaukset tehdään ensimmäisinä. Yrityksen oma tuotanto käynnistetään myös pikaisesti, jotta toimitusajan puitteissa tuotanto voitaisiin toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti. Tarvittaessa oma tuotanto kykenee nopeisiinkin toimituksiin, mutta tällöin tuotantotehokkuus kärsii. Suurin osa valmistusosista tarvitaan jo hitsausvaiheessa ja osa vasta myöhemmin osavalmistelussa, joten eri osien valmistus ja hankinnat aikataulutetaan valmistusaikataulun ja tarpeen mukaisesti. Valmistusaikataulujen lisäksi varastotilanteet otetaan huomioon valmistusluetteloiden mukaisen osavalmistuksen käynnistämisessä.

Nokian Npt Oy:n oma tuotanto käynnistyy niin sanotuilla sisäisillä tilauksilla. Sisäinen tilaus sisältää yleensä työlistat ja työmääräimen. Työmääräimellä viivakoodijärjestelmän kautta kohdistetaan työlistojen määräämät työt kyseiselle projektille. Työlistat ovat valmistuslistoja, jotka sisältävät mahdollisimman monipuoliset ohjeet kappaleiden valmistukseen. Omalle tuotannolle annetaan toimitusajat, kuten muillekin tilauksille. Toimitusajat ovat kuitenkin lähinnä suuntaa-antavia ja niitä muokataan tarpeen mukaan. Osien valmistuttua tai toimituksien saavuttua tehdään tarkastukset ja kappaleiden väli-varastointi sekä ohjaus seuraaville työvaiheille. Osien suuren määrän vuoksi tarkastus tapahtuu yleensä vain silmämääräisenä ja on näin ollen suhteellisen epätarkka. Valmistuslistojen on tarkoitus kulkea osien mukana ja toimia tarkistuslistoina läpi koko aihio- ja komponenttituotannon.

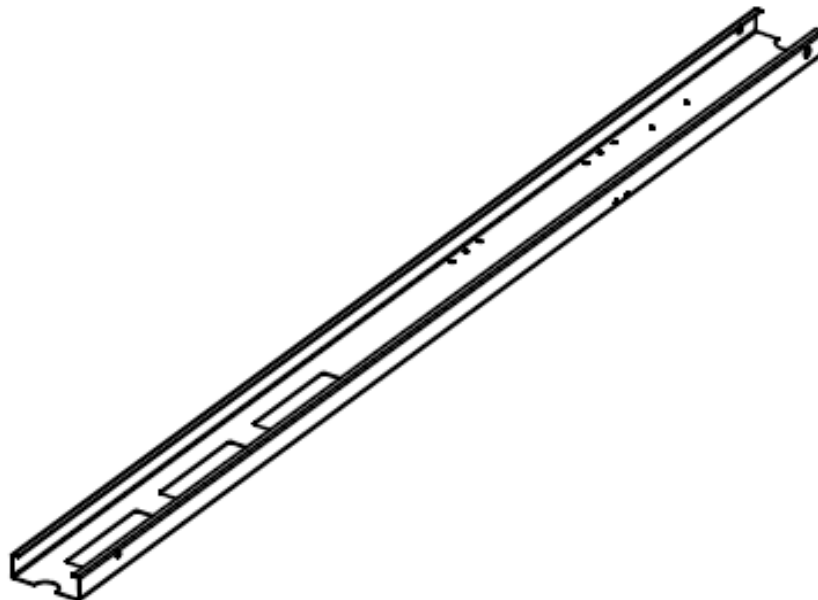
Osavalmistuksen sisäiset ja ulkoiset tilaukset sekä hankintaosien tilaukset muodostavat valmistuksen toteuttaman hankintakokonaisuuden. Hankintatoimen laatu muodostaa pohjan laadukkaalle valmistukselle ja sen kokonaisvaltaisessa kehittämisessä onkin pyritty määrätietoisesti kohti selkeämpää ja yksinkertaisempaa hallintaa ja laadunvarmistusta. Pienetkin kehitysaskeleet ovat olleet merkittäviä. Esimerkiksi tilauspapereiden ja arkistoinnin kehittäminen sekä tilausprosessien toteuttaminen sähköisesti takaavat laadukkaan dokumentoinnin. Kappaleiden revisiomerkitöjen liittäminen tiedonsiirtoon muodostaa yksiselitteisen toimintapohjan. Toimiva hankintatoimen ja osavalmistuksen yhteistyö on perusedellytys katapultin valmistukselle.

4.3.1. Levyleikkeet

Katapultti koostuu pääasiassa erilaisista levyleikeosista. Leikemateriaalit vaihtelevat ruostumattomasta teräksestä mustaan rautaan sekä erilaisiin alumiineihin. Käytettävät materiaalipaksuudet vaihtelevat puolesta millimetristä jopa yli kahdenkymmenen millimetrin osiin. Osien fyysinen koko on myös erittäin vaihteleva, suurimmat leikkeet ovat lähes kuusimetrisiä rampin osia ja pienimmät vain peukalon pään kokoisia tukielementtejä. Levyleikeosat leikataan eri tekniikoita hyödyntäen erikokoisista levyarkeista ja tarpeen mukaan särmätään. Levymateriaalien toimittajina toimivat suuret metallimateriaalitoimittajat, kuten Ruukki Metals ja Tibnor Oy.

Leikkeiden suhteellisen suuren vaihtelevaisuuden vuoksi on ymmärrettävää, ettei Nokian Npt Oy pysty valmistamaan kaikkea tarvittavaa sisäisesti. Materiaalien leikkauslaiteskanta toimii rajoittavana tekijänä. Yrityksen levymateriaaleja käsittelevien koneiden suurin mahdollinen levynkäsittelykoko on 3000x1500mm ja paksuudeltaan ruostumattomia ja haponkestäviä materiaaleja pystytään leikkaamaan 12mm:iin asti, mustaa rautaa 15mm:iin asti sekä alumiineja noin 6mm:iin asti. Nokian Npt Oy:n leikkeiden särmäysmahdollisuudet noudattelevat suurin piirtein samoja raja-arvoja kuin leikkauskin.

Ulkoisesti leikkeitä tilataan kahdelta eri toimittajalta. Paksujen materiaalien toimittajana on Suomen johtava laser- ja vesileikkauksen asiantuntija ja pitkät, lähes kuusimetriset ramppiosat tulevat pienemmältä metalliteollisuuden alihankkijalta. Sama toimittaja myös särmää pitkät ramppiosat. Kuvassa 4.4. on pitkä ramppiosa leikattuna ja särmättynä.



Kuva 4.4. Pitkä ramppileike

Oma valmistus

Nokian Npt Oy:n tuottamat katapulttiin tarvittavat leikeosat valmistetaan Ylöjärven päätehtaalla laserpolttoleikkaamalla tai lävistämällä. Käytettävä oma konekanta muodostaa leikkeiden laadun perustan ja tuo osien valmistukseen suurta joustavuutta, ohjattavuutta ja tarvittaessa nopeita toimituksia. Leikkeet leikataan koneille toimitettavien ajolistojen perusteella. Ajolistat kootaan leikevalmistusluetteloiden (Liite 1: Leikeosien valmistusluetteloesimerkki) perusteella ja ne toimivat eräänlaisina yksinkertaisina sisäisinä tilauksina ja sisältävät leikkeisiin liittyvät tarvittavat ajotiedot.

Leikekuvia käsiteltäessä suunnittelija muokkaa dwg-kuvista dxf (Drawing Interchange Format) -piirustuksia. Ajolistojen avulla kootaan dxf-piirustuksista yksilölliset leikkaus- ja ajo-ohjelmat itse levyn leikkauskoneille. Virheellisiä leikkeitä koneet tuottavat erittäin harvoin. Vialliset leikkeet ovatkin yleensä virheellisen suunnittelun aikaansaannosta.

Laserpolttoleikkaessa ajolistan mukaiset dxf-tiedostot haetaan yrityksen tietokannasta laserkoneen tietokantaan ja laserohjelma rakentaa leikkausohjelman. Tarpeen vaatiessa ohjelmaa muokataan manuaalisesti. Laserpolttoleikkaessa hukkamateriaalin osuus jää yleensä pieneksi ja leikkeitä voidaan leikata hyvinkin erimuotoisista ja -kokoisista levypaloista. Katapultin osatarpeen vakiinnuttua laserleikkeiden materiaalien kulutustarpeet on saatu erittäin tarkasti selville. Tietoisuuden myötä myös leikkeiden kokonaiskustannukset ovat tarkasti selvillä.

Katapulttiin tarvittavia leikkeitä on useita satoja kappaleita ja niiden tunnistaminen kokeneellekaan ei aina ole yksinkertaista. Leikkeiden helpomman tunnistettavuuden ja tarkastettavuuden vuoksi laserpolttoleikkeisiin on alettu laserpolttomerkitä piirustusnumerot. Piirustusnumeron merkintä ei kuormita juurikaan itse polttoleikkausprosessia ja merkintä peittyy maalien alle toimien vain valmistuksen laaduntakeena.

Katapultin valmistuksessa ohuet alumiiniosat leikataan lävistämällä levytyökeskuksessa. Lävistettäessä suunnittelija tekee ajolistojen perusteella dxf-piirustuksista leikkausohjelmat ja leikkeet leikataan ohjelman perusteella. Levytyökeskuksella leikkattaessa hukkamateriaalin osuus on suurempi ja koko levyn tehokas käyttö huomattavasti suotavampaa kuin laserpolttoleikkauksessa. Suunnittelun kautta on saavutettu optimaaliset levykoot katapultin osien valmistukseen sekä saatu tarkka materiaalityöselville. Lävistämällä tehtyihin leikkeisiin piirustusnumeroinnin pysyvä merkintä ei ole yksinkertaisella tavalla mahdollista. Lävistetyt leikkeet tunnistetaan piirustusten avustuksella. Myös tarramerkitsemistä on harkittu.

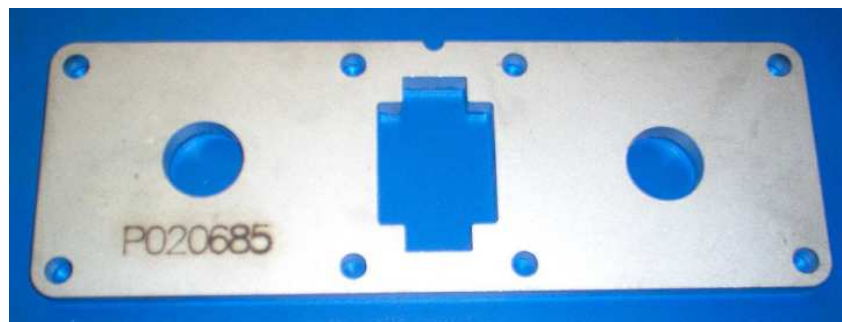
Kehitysprojektin alkuvaiheissa katapulttivalmistuksen ajolistat olivat hyvin yksinkertaisia, materiaalien ja levypaksuuksien mukaan lajiteltuja, suunnittelijan kokoamia Word-listoja. Listat tehtiin projektin käynnistämisenvaiheessa katapultin leikekuvapakettia muokattaessa dxf-muotoon. Listat eivät sisältäneet mitään muuta kuin leikkeiden piirustusnumerot kappalemäärineen ilman mahdollisia revisiomerkitöjä tai muuta lisäinformaatiota.

Revisiomerkin­nän puute johtui lähinnä siitä, ettei alkuperäinen tallennus­nimi sisältänyt mahdollista revisiota, joten uuteen tallennukseen­kaan sitä ei merkitty. Toisaalta ajolistojen erittäin yksinkertainen muoto on kohdeyrityksen toimintatavoista juurtunut käytäntö. Revisiomerkin­nän puutteen vuoksi kuvapäivityksen tapahtuessa uusi piirustus tallennettiin vanhan päälle ja ajolistan piirustusnumeromerkintä pysyi samana. Kyseinen käytäntö on kuitenkin huono ja kelvoton laadun takaamisen, huonon jäljitettävyyden ja esimerkiksi vanhojen revisioiden leikkaamiskäytännön suhteen. Vaikka revisiomerkin­ttä ei käytetty, ajolistaan kuitenkin merkittiin tieto tapahtuneesta päivityksestä. Dfx-tietokannan ja lasertietokannan erillisyyden vuoksi tämän merkinnän avulla laserpolttoleikattaessa osataan käyttää uusinta, päivitettyä piirustusta. Tässäkin on ongelmansa tiedonkulun ja hallinnoinnin kannalta.

Nykyään ajolistat (Liite 2: Ajolistamalli) sisältävät huomattavasti enemmän tietoa; piirustusnumeroissa on mukana revisiomerkin­nät, listat on lajiteltu jatkokäsittelyn suhteen ja mukana on tunnistamista helpottava kuvaus kappaleesta. Ajolistat toimivat myös osien tarkistuslistoina. Listat pyytävät myös merkintöjä leikkausajankohdan ja vastaanottotarkastuksen suhteen sekä mahdollisesti leikattujen ylimääräisien kappaleiden määrää.

Kuvien tallennus­nimiin on alettu lisätä revisiomerkin­ttöjä mutta suurin osa on edelleenkin ilman. Uusiin ja päivitettyihin kuviin revisiomerkin­ttä lisätään automaattisesti mutta vanhaa tietokantaa ei ole alettu päivittää manuaalisesti. Päivityssarake on jätetty listoihin ainakin tietokannan muutoksen siirtymäajaksi ja toisaalta tuplavarmennuksesta ei varmasti ole haittaa tulevaisuudessakaan. Word on huono ratkaisu listojen käsitte­lyyn, mutta Word-listoja ei ole muutettu toimivampaan ratkaisuun yrityksen yleisen käytännön vuoksi.

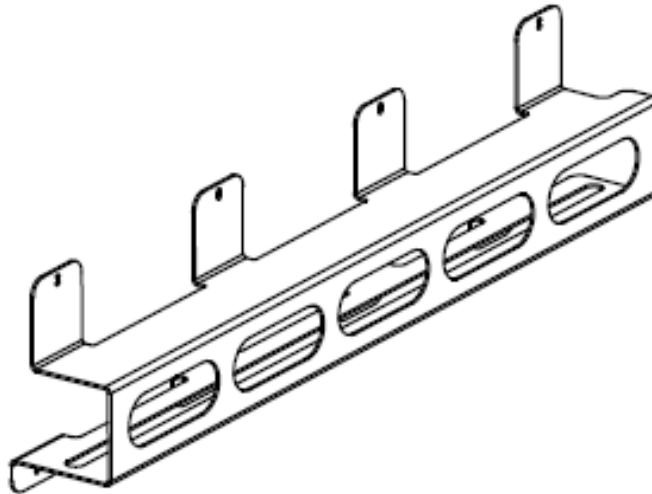
Leikkeiden ajolistaan on kehitetty yksinkertainen listausmenetelmä, joka erittelee kappaleita niiden jatkokäsittelyn suhteen. Piirustusnumeron tavoin, erittelymerkintä laserpolttomerkintään itse leikkeeseen. Tärkein erittely tapahtuu suorien ja särmättävien leikkeiden välillä; kantti-merkintä kertoo särmäystarpeesta, suora-merkintä taas käy­ töstä sellaisenaan. Erittely helpottaa irrottelussa ja särmäystyössä tapahtuvaa lajittelua sekä tarkastuksia. Kuvassa 4.5. on laserpolttomerkintä Nokian Npt Oy:llä leikatussa leikkeessä.



Kuva 4.5. Laserpolttomerkintä leikkeessä

Ajolistoissa eritellään myös erikoisjatkokäsittelyä vaativat sekä traileriin menevät leikkeet. Koska trailerin runko valmistetaan Ylötien tehtaalla, traileri-merkinnällä erotellaan siihen kuuluvat kappaleet ja työstö-merkinnällä koneistusta vaativat kappaleet. Merkinnästä huolimatta, koneistusleikkeiden lajittelu tapahtuu kuitenkin vasta kokoonpanopaikalla. Hitsaukseen menevät leikkeet olisi mahdollista ja järkevää eritellä edellä mainitulla pysyvällä tavalla. Lasermerkintöjen laajentamisen järkevyys vaatii kuitenkin vielä tarkempaa asiaan paneutumista sekä lisäpohdintaa.

Karkealta arviolta noin kolmannes leikkeistä vaatii särmäystä. Projekti koostuu pääasiassa yksittäisten osien tai pienien erien särmäilystä. Esimerkiksi kuvan 4.6. kaltaista särmättyä leikeosaa tarvitaan vain yksi kappale katapulttia kohden ja yleensä asetustyö onkin särmäyksen kuormittavin osuus. Nykyisillä tuotantomäärillä ja valmistusprojektin vielä kehittyessä, suurempi sarjatyö ei kuitenkaan kannata. Särmäystyö on kehittynyt edellä mainittujen leikkeiden lajittelun sekä särmäyskansion ansiosta.



Kuva 4.6. Sylinterivarsisuoja

Särmäyskansioon kerätään ja päivitetään kaikki särmäyspiirustukset jaoteltuina paksuuksien mukaan. Särmäyskansio kehitettiin poistamaan turhaa papereiden toimittelua ja helpottamaan särmäysprosessia. Särmäystietoisuuden myötä on pyritty myös puuttumaan särmäysvälineistä ja -tavoista johtuviin todellisiin särmäyskulmiin. Särmäysvirheistä johtuvia hukkakappaleita on ilmennyt ajan mittaan jonkin verran, mutta suurin osa virheistä korjataan jo aihio- ja komponenttituotannossa. Korjaukset aiheuttavat aina lisätyötä, mutta itse varsinaista katapultin valmistusta särmäysvirheet harvoin rasittavat.

Kappaleiden ja tuotannon saavutetulla tasaisella pysyvällä laadulla on tuotannotehokkuuttakin kyetty kehittämään. Tuotantoa on tehostettu valmistamalla jossain määrin osia varastoon ja tarkalla varastokirjanpidolla. Esimerkiksi joitain särmättäviä kappaleita on valmistettu tarkoituksella todellista tarvetta enemmän. Tällöin päästään suurempiin särmäyssarjakokoihin ja pienentyneisiin kappaleisiin kohdistuviin asetusaikeisiin. Epäkuranttius ja varaston vanhenemisriskiä vältetään valmistamalla varastoon vain luotettavia ja pysyviksi todettuja leikkeitä kohtuullisissa määrissä.

Joitain leikepaksuuksia tarvitaan valmistuksessa (itse katapultin valmistuksessa tai yleensäkin yrityksen muissa projekteissa) vain pieniä määriä, jolloin myös leikkaustuotantotehokkuus kärsii. Ongelmaa on pyritty korjaamaan valmistamalla kyseisiä leikeosia varastoon ja pyytämällä muutoksia, jos vain mahdollista, materiaalipaksuuksiin asiakkaan suunnalta. Nokian Npt Oy:n oma tuotanto tuottaa myös automaattisesti jonkin verran varastomateriaalia. Varastotavaraa syntyy kun pyritään mahdollisimman suureen levyjen käyttöasteeseen. Syntyneet varastoleikkeet otetaan huomioon varastokirjanpidossa ja seuraavissa projekteissa.

Paksujen alumiinien leikkaus oli valmistusprojektin alkusuunnittelussa tarkoitus tehdä Nokian Npt Oy:n omalla laserpolttoleikkauskoneella. Leikkausvaiheessa kuitenkin todettiin, ettei leikkauslaatu ollut tarpeeksi korkea ja tarpeeksi hyvä laaduntuohtokky todettiin mahdottomaksi. Näin ollen päädyttiin tilaamaan paksut alumiinileikkeet kokonaan ulkoisesti.

Paksut leikkeet

Leikeosat, joita Nokian Npt Oy:n oma konekanta ei kykene leikkaamaan niiden paksuuden vuoksi, tilataan metallien leikkaamiseen erikoistuneelta alihankkijalta. Ulkoisesti hankittavia leikkeitä löytyy niin ruostumattomien, mustan raudan kuin alumiinienkin joukosta. Alihankkija leikkaa kappaleet laserpoltto- tai vesileikkausmenetelmällä. Valmistusprojektin alkuhetkistä lähtien yhteistyö, toimitusvarmuus, laatu, toimitukset ja dokumenttienhallinta on ollut toimivaa. Toimivan ja kestävä alihankintasuhteen ansiosta, normaalia toiminnan edistymistä tietoisuuden, yhteistyön ja dokumentoinnin suhteen on kuitenkin ajan mittaan tapahtunut merkittävästi.

Vaikka perusliiketoiminta on ollut alusta lähtien moitteettomalla tasolla, pieniä ja isojaakin kehitysaskelia paksujen leikkeiden toimitusten suhteen on saavutettu. Paksuissa leikkeissä on suhteellisen paljon kappaleita, jotka vaativat leikkauksen jälkeistä erikoisjatkokäsittelyä. Katapultin valmistusprojektia kehitettäessä on kokeiltu tilauserien jaoteltua jatkokäsittelyn suhteen eri toimitusosoitteisiin.

Teoriassa toiminta oli järkevää mutta käytännössä tuottikin vain ongelmia; hallittavuus ja laadunvalvonta hankaloituivat, tilaus-toimitus-prosessi monimutkaistui ja jopa materiaalimenetyksiä esiintyi. Kaikkien osien toimitus yhdessä paketissa yhteen osoitteeseen on osoittautunut parhaaksi ratkaisuksi. Katapulttivalmistushenkilökunta lajittelee osat vastaanottotarkastuksen yhteydessä ja jatkokäsittelytoimitukset tehdään samoissa toimituserissä muiden vastaavanlaisten käsittelyä vaativien kappaleiden kanssa.

Katapultin joissain kriittisissä kohteissa käytetään erikoisvahvaa, paksua ja ruostumatonta Duplex-terästä. Kyseisen materiaalin käyttökokemustiedon, hallintatiedon puutteen ja pienen menekin vuoksi Duplex-leikkeet tilattiin pitkän aikaa ulkoisesti, vaikka oma tuotanto olisi pystynyt käsittelemään materiaalia samoin kuin normaaliakin ruostumatonta terästä. Kokeilun ja kokemuksen myötä näiden osien valmistus on siirretty omaan tuotantoon. Näin saatiin oman tuotannon tuomia etuja (hallittavuus, reagointi, muutokset, käyttöaste, riippumattomuus) laajennettua ja valmistuskustannuksia huomattavasti madallettua.

Omien laserleikkeiden tapaan, tilattuihin paksuihin leikkeisiin on pyynnöstä alettu polttaa myös piirustusnumeromerkintä helpomman tunnistettavuuden ja laaduntakaamisen vuoksi. Vesileikattuihin kappaleisiin pysyvä polttomerkintä ei luonnistu ja yleensä leikkeet onkin toimitettu ilman minkäänlaista merkintää. Vesileikattujen kappaleiden osalta merkinnöissä olisi siis parantamisen varaa.

Pitkät leikkeet

Samoin kuin edellistenkin suhteen pitkien leikkeiden varsinainen valmistuksellinen kehitystyö on pitkälti ollut alihankkijan käsissä ja hankintaprosessin kehitys katapultin valmistuksen kehittämistä. Tilaus-toimitus-prosessi on kehittynyt luonnolliseen tapaan ja kuvapäivityskäytäntö on järjestelmällisyyden myötä parantanut edellisten tapaan. Tilauksissa vaaditaan leikkeiden tunnistusmerkintä yleisellä tasolla, esimerkiksi tarramerkinällä. Piirustusnumeromerkintää laserpolttomerkintänä ei ole ehdotettu koska kappaleet ovat suhteellisen helposti tunnistettavissa ja merkinnän paikan määrittäminen vaatisi tarkemman selvityksen.

Pitkät leikkeet on alusta lähtien tilattu saman toimittajan kautta. Työsuunnittelun kannalta ramppiosien toimittaminen mahdollisimman pikaisesti hitsaustyön alkaessa tai toisaalta tilaratkaisujen kannalta pyydettyyn aikaan on erittäin suotavaa. Jonkin verran toimitusaikatauluongelmia on ajan mittaan ilmennyt, mutta toimitusvarmuus on kuitenkin nykyään saatu hyvälle tasolle. Pitkät ramppien leikkeet ovat erittäin tärkeitä osia katapulttikokonaisuudessa, joten kappaleiden laadun on oltava moitteetonta. Pieniä laatuongelmia, varsinkin särmyyksen osalta on tullut vastaan mutta niistä on päästy reklamaatioilla eroon. Ilmenneiden laatuongelmien kautta on alettu kiinnittää suurempaa huomiota laadunvalvontaan osien vastaanotossa.

Aikaisemmin pitkien osien yhteydessä tilattiin jonkin verran myös muuta saman paksuista katapulttiin menevää leikemateriaalia. Nämä leikkeet oli tarkoitus leikata ison levyn ylijäämätilasta ja näin ollen saada suurempi hyöty ulkoisesta toimittajasta ja pitkien ramppileikkeiden kustannus matalammaksi. Kuitenkin on todettu, että varsinaista kustannussäästöä ei ole juuri syntynyt, joten hankalan ohjattavuuden ja hallittavuuden vuoksi tästä luovuttiin.

Nykyään nämä ylimääräiset leikkeet valmistetaan muun katapulttivalmistuksen yhteydessä omassa tuotannossa. Menettelyllä päästiin eroon ylimääräisestä työstä, oman tuotannon käyttäöstä saatiin korkeammaksi sekä muutoksien ja korjauksien hallinta yksinkertaisemmaksi, muiden omien leikkeiden valmistuksen tapaan. Nykyisellä selkeällä jaolla pitkien leikkeiden toimittajan työvastuu on huomattavasti yksiselitteisempi ja helpompi ja myös toimitukset ovat yksinkertaisempia.

4.3.2. Sahamateriaalit

Katapulttivalmistuksessa käytetään luonnollisesti suuri määrä erilaista putki- ja profiilimateriaalia. Normaali käytäntö on, että tavara toimitetaan pitkänä metritavarana ja sahataan määrämittäisiksi osavalmistuksessa. Sahamateriaali koostuu monenlaisista profiileista sekä useista erilaisista materiaaleista. Raaka-materiaalit tilataan eri metallitoimittajilta.

Valmistusprojektin käynnistyessä sahaukset tehtiin luonnollisesti Ylötien sahauspaikalla, koska valmistuskin käynnistyi siellä. Siirryttäessä Harkkotien kokoonpanotiloihin varustepuutteiden vuoksi sahaustyötä jatkettiin samaan malliin. Oman pienemmän sahan hankinnan yhteydessä rakennettiin sahauspiste putkihyllyyneen ja suurin osa sahauksista siirrettiin varsinaisen katapulttivalmistuksen kanssa samoihin tiloihin Harkkotielle.

Ylötiellä sahataan kuitenkin vieläkin osa sahauksista; kaikki traileriin menevät putket sekä isot ja painavat kappaleet, jotka olisi hankala sahata Harkkotien pienellä sahalla. Piirustusten mukainen rei'itys on myös kokenut saman kehityksen. Aiemmin poraustyö tehtiin suurelta osin Ylötiellä, nykyään kaikki poraukset pystytään tekemään Harkkotien kokoonpanotiloissa. Putkiosavalmistuksen siirryttyä samoihin tiloihin valmistuksen kanssa päästiin eroon ylimääräisistä kuljetuksista, sisäisistä tilauksista ja hallintaa sekä joustavuutta saatiin tehostettua.

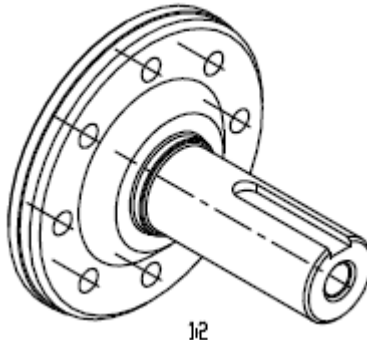
Sahattavat kappaleet sahataan yleensä valmistuksen alkuvaiheissa. Osat sahataan erillisen sahauslistan ja piirustusten mukaisesti ja lajitellaan käyttökohteen mukaisesti. Valmiit osat pyritään aina merkitsemään piirustusnumeroin. Ajan mittaan kehittynyt sahauslista sisältää kaikki tarvittavat tiedot sahauskappaleista. Perustietojen lisäksi listasta löytyy jatkokäsittelytiedot, käyttökohteet ja kappalekuvaukset sekä varastotilanne.

Vaaditut piirustukset löytyvät nykyään lähes kaikista osista. Toimivan listauksen myötä myös varastonhallinta on saatu toimivaksi. Isompien kappaleiden ja hankalien porauksien suhteen on harkittu tilausta määrämittäisenä ja valmiiksi rei'itettynä, mutta pienen volyymin vuoksi tämä ei ole kannattavaa.

4.3.3. Koneistusosat

Koneistusosat muodostavat monessa kohdassa katapultin toiminnallisen ytimen. Koneistusosia käytetään valmistuksessa yhteensä melkein kolmesataa kappaletta, eri nimikkeitä löytyy satakunta ja materiaalit vaihtelevat mustasta raudasta, haponkestäviin teräksiin sekä erilaisista alumiineista erikoismateriaaleihin. Muutamia pyörähdyskappaleisiin tehtävä kumitus-koneistustyö kuuluu myös tähän osioon.

Koneistustyö on lähinnä yksittäisten osien valmistusta ja sarjatuotantoihin päästää hyvin harvojen nimikkeiden osalta. Koneistuskustannuksien osuus muodostaakin erittäin suuren kustannuserän laitteen kokonaisvalmistuskustannuksissa. Leikeosien ja kokoonpanojen koneistus käsitellään seuraavassa työstöosuudessa. Kuvassa 4.7. on esimerkki koneistuskappaleesta.



Kuva 4.7. Koneistuskappale

Oman pienen koneistusyksikön tarkkuus ja ennen kaikkea kuormitettavuus toimi perustana ”tehdäänkö itse vai ulkoistetaanko” – päätökselle. Erilaisia koneistusosia on valtava määrä ja suurimman osan tarkkuudet ylittävät oman konekannan laaduntuottokyvyn. Valtaosa koneistusosista päädyttiin tilaamaan ulkoisesti ja vain hyvin yksinkertaiset koneistukset tekemään itse. Valmistuksen alkaessa koneistusosien tilaaminen aloitettiin kahdelta toimittajalta; osa koneistusosista tilattiin Nokian Npt Oy:n paikalliselta yhteistyökumppanilta ja tuolloin vallitsevan korkeasuhtanteen vuoksi, suurin osa päädyttiin tilaamaan koneistajalta suhteellisen kaukaa pohjoisesta.

Yhteistyö paikallisen toimittajan kanssa, varsinkin toimitusaikojen pitävyyden suhteen, takerteli pahasti. Hyväksi todetun toimivuuden vuoksi kaikki koneistustyöt siirtyivät kilpailevalle toimittajalle. Tilausten keskittäminen yhdelle toimittajalle on toimivan yhteistyön, asiakas-toimittajasuhteen pitävyyden, molemminpuolisen tyytyväisyyden ja erikoistarpeiden tyydyttämisen suhteen kannattanut. Vaikka yhteistyö pohjoiseen toimi moitteettomasti, suuri etäisyys rasitti toimintaa ja kilpailuttaminen on johtanut uuden koneistajan etsimiseen. Nykyään on hiljalleen siirrytty yhteistyöhön uuden paikallisen koneistustöitä tekevän yrityksen kanssa. Yhteistyö on alkanut lupaavasti, vaikka tilauksia on tehty vain huoltotoimintojen osalta.

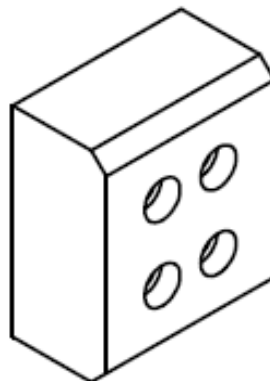
Uuden koneistajan tuomia etuja ovat entuudestaan lisääntynyt toimitusvarmuus (kuluneen vuoden heikolla työtilanteella on tietysti ollut myös suuri vaikutus), tiiviimpi yhteistyö ja kustannussäästöt. Erityisesti isompien kappaleiden, joita tiettävästi toimittaja ei kyennyt itse tekemään, on todettu kustannusten suhteen suuriakin eroja edelliseen toimittajaan. Säästöihin liittyen logistiikkakustannukset (käytetään omia noutoja sekä toimittajan palveluja) ja kuljetuksista johtuvat aikatauluongelmat sekä niin sanottu ”kii-reellisten toimituksien hitaus” ovat vähentyneet huomattavasti. Uuden koneistajayrityksen kanssa ei vielä ole tehty yhtään uutta laitetta, joten lopullisia vaikutuksia on hankala sanoa. Arvioiden ja ennusteiden perusteella voidaan olla erittäin positiivisin mielin.

Viallisia tuotteita koneistusosissa esiintyy harvoin, mutta kriittisen osan ollessa viallinen ongelmia syntyy aina. Tarkkuutta painottamalla ja jatkuvilla tarkastuksilla ongelmat pyritään välttämään. Itse koneistusosissa kehitystä on tapahtunut jonkin verran; alkuaikojen useista suunnitteluvirheellisistä tuotteista on päästy eroon, monia kappaleita on muokattu toimivampaan ja luotettavampaan suuntaan sekä materiaaleissa on edetty yhtenäisempään käytäntöön. Toimitusaikojen pitävyys on lisääntynyt ja toimitusnopeudet kasvaneet. Näihin ovat osaltaan vaikuttaneet tietoisuuden kehittyminen, oppiminen sekä toimittajan varaston kehittyminen materiaalien ja itse tuotteiden suhteen.

Katapulttivalmistuksesta kerääntynyt kokemus on vaikuttanut suuresti moniin kehityssaskeliin. Osien tärkeyden ja käyttöjärjestystietoisuuden myötä osien toimitusjärjestystä ja -ajankohtia on kyetty hallinnoimaan niiden käyttötärpeiden mukaan. Luetteloiden (Liite 3: Koneistusosien valmistusluetteloesimerkki) kehittyminen on lisännyt hallinnoinnin ja kirjanpidon helppoutta. Kustannustietoisuus, etenkin sarjatuotannon tuoman määrätietoisuuden kannalta, on muuttanut ajatusmaailmaa varastoinnin järkevyyden suhteen. Tämän ja edellä mainittujen kehityssaskelien myötä koneistusosia onkin alettu joissain määrin varastoida mikä on osaltaan lisännyt valmistuksen joustavuutta ja tehostumista.

4.3.4. Kumi- ja muoviosat

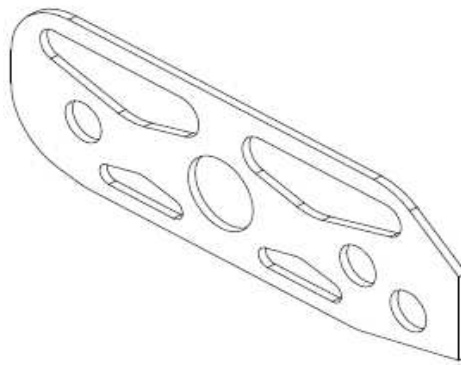
Kumi- ja muoviosia käytetään katapultissa lähinnä erilaisiin tukitoimintoihin, kuten kuvan 4.8. liukupaloina ja tiivisteinä. Osat on jaoteltu omaan osuuteensa, koska ne valmistetaan piirustusten mukaisesti ulkoiselta toimittajalta tilaamalla tai joitain kappaleita itse käsittelemällä. Kumi- ja muoviosien suhteen toimittaja on pysynyt ennallaan koko kehitysprojektin ajan ja kehitettävää ei liiemmin ole tullut vastaan. Kehitys on tapahtunut ajan mittaan omalla painollaan ja muiden kehityskohteiden tulosten seurauksena. Kumi- ja muoviosat ovat olleet pääsääntöisesti virheettömiä ja harvat vialliset toimitukset on korjattu pikaisesti reklamaatioiden kautta. Toiminta, tietoisuus, käsittelyt, hallinta ja muokkaus ovat kokeneet aiempien hankintaosien mukaisia parannuksia.



Kuva 4.8. Liukupala

4.3.5. Työstö

Leikkeiden käsittelyssä mainittiin aiemmin kappaleiden erikoisjatkokäsittely. Työstöksi käsitetään tässä yhteydessä juuri tätä koneistamalla tapahtuva jatkokäsittely, joka voi olla esimerkiksi kuvan 4.9. kaltaisten leikereikien koneistusta, hankalien reikien porausta tai kierteiden tekoa. Jatkokäsittelykoneistustyötä tehdään yksittäisille kappaleille ja leikkeille sekä muutamille hitsauskokoonpanoille. Pääsääntöisesti jatkokäsittelykoneistustyöt tehdään Nokian Npt Oy:n koneistuspajassa ja muutama vaativampi hitsauskokoonpanon koneistus teetetään ulkoisella koneistajalla. Leikkeet, joihin suurin osa jatkokäsittelyistä tehdään, otetaan huomioon jo leikkausvaiheessa jättämällä työstettäviin kohtiin työstövarat ja paikkamerkitsemällä esimerkiksi pienet kierteet, joita ei kyetä leikkaamaan.



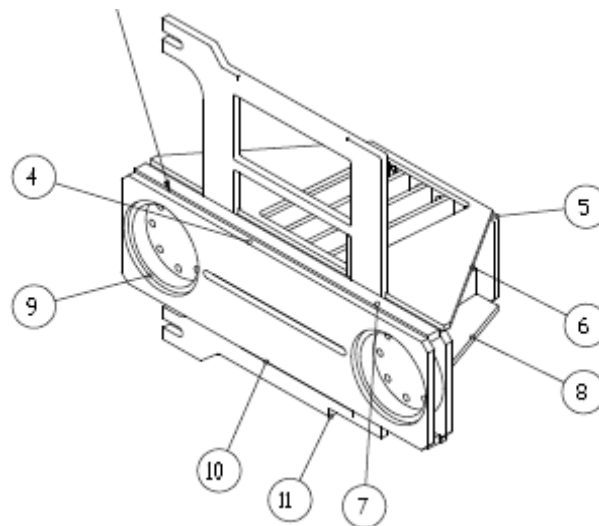
Kuva 4.9. Työstettävä leike

Työstöä vaativat kappaleet on kirjattu erilliseen listaan (Liite 4: Työstölistaesimerkki), jonka perusteella osavalmistuksesta saapuvat kappaleet lajitellaan ja toimitetaan pajalle. Työstölista toimii työlistana koneistajalle, sisältäen tarvittavat tiedot koneistuksista sekä tarkastuslistana osien palautuessa. Koneistuspajassa säilytetään koneistuskansiota, joka sisältää jatkokäsittelykoneistuspiirustukset sekä koneistusosiossa mainittujen yksinkertaisten koneistuskappaleiden piirustukset. Työstöä tarvitsevat hitsauskokoonpanot pyritään hitsamaan pikaisesti heti hitsaustyön alkuvaiheessa ja toimittamaan jatkokäsittelyyn.

Projektien edetessä jatkokäsittely on jatkuvasti parantunut ja muuttunut järjestelmällisemmäksi ja häiriöttömämmäksi. Työstön laatu ja tarkkuudet ovat tyydyttävällä tasolla, mutta hukkakappaleiden määrä huolimattomuuden ja epätarkkuuden vuoksi on ollut suhteellisen korkea läpi kehitysprojektin. Ilmenneet vialliset tuotteet ovat useita kertoja aiheuttaneet ongelmia myös valmistukselle ja uusien osien valmistuksen kautta aikatauluille ja kustannuksille. Korkean laaduntuottokyvyn painottamisella sekä tarkastuksilla on saatu vähennettyä ongelmia, mutta ei kokonaan poistettua. Varmuuden lisäämiseksi joitain pienempiä ja ongelma-alttiimpia kappaleita on alettu tekemään työstöongelmien vuoksi varastoon.

Jatkokäsittelykoneistuksiin kuuluu yksittäisten osien koneistuksien lisäksi myös hitsauskokoonpanojen työstöjä. Muutamia hitsattuja kokoonpanoja koneistetaan hitsauksen jälkeen omalla pajalla sekä ulkoisella koneistajalla. Katapultin valmistuksesta löytyy kuitenkin muutamia suunnittelun aiheuttamia ongelmakohtia koneistusreikien ja hitsauskokoonpanojen suhteen. Joihinkin hitsauskokoonpanoihin on suunniteltu, että tarvittava koneistuslinja muodostuu etukäteen koneistetuista leikkeistä. Kokoonpanojen oletetaan pysyvän kohdallaan väliaikaisien akseleiden avulla.

Hitsaus kuitenkin taivuttelee kokoonpanoa niin rajusti, että toleransseissa oleva linja on mahdoton valmistaa. Siksi asentajat joutuvat muokkaamaan koneistuslinjaa jälkikäteen materiaalia työstämällä ja koko idea tarkasta koneistusreikälinjasta menee hukkaan. Jos halutaan päästä toimivaan loppuratkaisuun, hitsauskokoonpanot ja siihen kuuluvat leikkeet pitäisi koneistaa aina vasta hitsauksen jälkeen.



Kuva 4.10. Ramppipääty

Suunnittelukäytäntöihin on pyydetty muutoksia ja aivan viime aikoina suurimpaan ongelmakohtaan on saatu edistymistä. Seuraavaan valmistettavaan uuteen koneeseen on päätetty muuttaa valmistuskäytäntöä laadukkaampaan suuntaan. Kuvassa 4.10. esitetyn hitsattujen päätyrakenteiden akselilinjan koneistus leikevaiheessa jätetään väliin ja reikälinja koneistetaan vasta valmiina kokonaisuutena. Järjestely aiheuttaa hieman muutoksia aikatauluihin ja järjestelyihin sekä jonkin verran lisäkustannuksia uuden koneistustyön myötä, vaikka irrallisten leikkeiden koneistus poistetaankin. Valmistukseen ja loppulaatuun siirtyvä etu on toivottavasti muutoksen arvoinen.

4.4. Hankintaosat

Hankintaosiksi käsitetään tässä työssä komponentit, jotka ovat yleisiä standardiosia sekä niin sanottuja katalogituotteita. Hankintaosien piiriin kuuluvat hydraulikka- ja paineilmakomponentit, laakeriosat, erinäiset kiinnitystarvikkeet sekä moninaiset ostokomponentit. Osavalmistuksen tavoin hankinnat aloitetaan välittömästi katapulttitilauksen saavuttua. Usein, kun toimitustarve on vasta kokoonpanon aikaan, osien toimitusaikaa on runsaasti ja kotiinkutsu pyydetäänkin vasta tarvittaessa. Tiettyjen hankintaosien suhteen tehdään suoria noutoja toimittajien myyntipisteistä sekä informoidaan hyllytoimittajia projektin alkamisesta.

Hankintaosien toimitukset saapuvat valmistukseen yleensä kohtuullisen hyvin pyydettyinä ajankohtina. Toimitusosoitteiden sekaannukset yrityksen muihin toimipisteisiin ovat tuottaneet aika ajoin pieniä ongelmia vaikka toimittajia on pyydetty lisäämään tarkkuutta tilauksien käsittelyyn. Toimituksien saavuttua osat tarkistetaan, ohjataan valmistusvarastoihin ja toimituspaperit arkistoidaan. Tilaus-toimitus-prosessin dokumentit ja arkistointi on myös kehittynyt osatilauksien tapaan kohti järjestelmällisempää ja selkeämpää toimintamuotoa.

4.4.1. Hydraulikka- ja paineilmaosat

Katapultti sisältää paineilma- sekä hydraulikkajärjestelmän. Hydraulikkajärjestelmään kuuluvat hydraulipumppu, hydraulikkaohjauslohko, kuusi painelinjaa toimilaitteineen sekä imulinja hydraulikkatankkeineen. Hydraulikka toimii pneumatiikan rinnalla ja sillä käytetään lähinnä erilaisia toimilaitteita. Suljettu paineilmajärjestelmä on koko katapultin toiminnan ydin.

Järjestelmä sisältää diesel-moottorin käyttämän kompressorin, ohjausjärjestelmän, laukaisujärjestelmän pääsylintereineen ja painepulloineen sekä jarrujärjestelmän jarrusylintereineen. Paineilmajärjestelmän normaali käyttöpainne on lähes 200 baaria ja paineilmapiikit saattavat nousta jopa 350 baariin. Hydraulikan maksimipaine on rajoitettu 230 baariin. Järjestelmien suhteellisen korkeat vaatavuudet aiheuttavat moninaisia haasteita valmistukselle ja itse laitteen toiminnalle.

Valmistusprojektin alkaessa hydraulikka- ja pneumatiikkaosuus oli koko katapulttivalmistuksen alkeellisimmalla tasolla. Piirustuksia tai osalistauksia ei juurikaan ollut olemassa. Järjestelmät oli tarkoitus rakentaa hydraulikka- ja paineilma-kaavion, valokuvien sekä pihassa seisseen edellisen valmistajan tekemän mallikoneen perusteella. Kaavioissa oli määritelty tiettyjä spesifikaatioita esimerkiksi järjestelmien materiaalien, putkistokokojen, pääkomponenttien, letkujen ja letkuliittimien toteutuksen suhteen. Valmistusosasto päätti, valikoi ja suunnitteli järjestelmien yleisien komponenttien (esimerkiksi perusliittimet, liitintyypit ja komponenttimallit), määrittelemättömien osuuksien ja käytännön tason toteutuksen.

Ensimmäisten katapulttien aikaan hydraulikka- ja paineilmajärjestelmän valmistus olikin erittäin haasteellista; osien tuntemus oli alkeellista, nimitykset outoja, toimintatarkoitukset epäselviä ja osahankinnat ongelmallisia. Kuitenkin asioita on hiljalleen opittu, useasti niin sanotusti kantapään kautta ja tietämys osa-alueen suhteen on kasvanut. Yksityiskohtaisempi ongelmien ja kehitystoimenpiteiden käsittely jätetään tässä työssä väliin. Useita pienempiä ja isompiakin ongelmia on ratkottu ja järjestelmät on aina saatu toimiviksi.

Nykypäivän katapultin hydraulikka- ja paineilmajärjestelmä on saavuttanut suhteellisen vakaan laatutason ja pysyvän kokonaisuuden. Hydraulikka- ja paineilmaosia tilataan kahdelta eri toimittajalta ja yhteistyössä toimittajien kanssa on rakennettu osalista järjestelmien kaikista komponenteista. Lista on hakenut muotoaan pitkän aikaa ja paljon töitä on tehty pyrittäessä kohti toimivampaa sekä luotettavampaa kokonaisuutta, toimimattomien osien vaihdon, osien kehittelyn ja yksinkertaistamisen sekä laatutason parantamisen kautta. Heikoista lähtökohdista huolimatta hydraulikka ja pneumatiikka on saatu valmistuksen kannalta samalle tasolle kuin muutkin osa-alueet.

Kehityksestä huolimatta, järjestelmien tiiveys ja vuotamattomuus tuottaa huomattavasti ongelmia aina laitteen käyttöönotossa ja itse käytössä. Aina löytyy huolimattomasta asennuksesta johtuvia vuotavia liitoksia ja viallisia komponentteja, joita joudutaan korjaamaan jälkikäteen. Teknisten apuvälineiden ja systemaattista oman työn tarkastamista lisäämällä päästäisiin kohti virheettömämpään lopputulosta.

Hankalien asennuksien ja järjestelmien vaatimuksien vuoksi varastointi vaatii erityistä hallintaa mahdollisen ylimääräisen kulutuksen ja varaosien suhteen. Hydraulikka- ja paineilmajärjestelmien kokonaisvaltaisen laadun parantaminen vaatii kehitystä myös suunnittelun puolelta. Asiakas onkin käynnistänyt järjestelmien putkitus- ja komponenttipiirustusten suunnittelutyön. Valmistuksen tieto-aidon ja hyvän suunnittelutyön yhteistyöstä on lupa odottaa huomattavia laatu-parannuksia tulevaisuudessa.

4.4.2. Laakeriosat

Katapulttiin asennetaan useita erilaisia laakeriosia. Laakerimäärät eivät ole erikoisen suuria ja käyttövaatimuksien vuoksi useat laakeriosat ovat erikoistavaraa. Pieniä määriä käytettävät erikoiset laakerit eivät kuulu laakeritoimittajien normaaliin varastovalikoimaan, joten laakeritoimitukset ovatkin olleet projektien kuluessa useasti ongelmakohtina. Toisaalta laakerien tarkemman kulutuksen tietämättömyyden vuoksi laakereita ei ole tilattu kuin suhteellisen tarkkoina tarve- ja määräerinä.

Projektien edetessä laakeriosien toimitusaika- ja kulutustietoisuudet ovat kasvaneet. Ongelmia tuottavat toimitukset on tiedostettu ja yhteistyö laakeritoimittajien kanssa on tuottanut tulosta. Laakeritoimitukset tapahtuvat nykyisin tehokkaammin ja varmemmin. Projektien käynnistyessä laakeritilaukset kuuluvat pikaisesti tehtävien tilausten joukkoon. Katapulttien valmistus- ja huoltokokemus on opettanut laakerien todellisen tarvemäärän. Joitain laakereita on uusittava, joissain on vikoja, jotkin ovat rikkoutumisherkenempiä ja jotkut ovat vaativampia asentaa.

Laakerien kustannukset ovat olleet kohtuullisen hyvin tiedossa projektien alkuvaiheista lähtien, mutta kustannustietoisuuteen on paljon vaikuttanut myös laakeritoimittajien kilpailutus. Ajan mittaan laakeritoimituksia on kilpailutettu usealla toimittajalla ja kustannussäästöjen ja asiakastyytyvyyden vuoksi on päädytty nykyisiin toimittajiin. Kokoonpanokuvaan on merkitty tiettyjä laakerimerkkejä ja -toimittajia, mutta asiakkaan kanssa on sovittu, että myös samanlaatuiset, erivalmistajan tuotteet ovat hyväksytyjä. Laakeriosat ovat joka tapauksessa pääsääntöisesti standardien alaisia ja täten vaatimukset täyttäviä.

Laakeriosien toimitusaika-, käyttövarastonkierto- ja kustannustietoisuuden myötä laakerivarastointi on saatu hallintaan. Katapulttiin menevää täydellistä laakeripakettia ei oteta ennakoon varastoon, vaan laakereita varastoidaan tarpeen mukaan. Kaikkia laakeriosia tulee kuitenkin aina löytyä, mutta laakerivaraston arvo ei saa olla liian suuri. Laakereilla on työtilassa oma hyllypaikka ja varaston määrää säädellään varastokirjanpidolla.

Laakereiden asennuksessa on myös kehitytty. Laakereiden asennuksessa on siirrytty alun epäkäytännöllisestä käsiasennuksesta toimivampaan hydraulipuristin-asennukseen. Laakeriasennuspaikalle on hankittu iso hydraulipuristin, jolla onnistuu myös pahemmin jumiutuneiden osien irrotus. Hydraulipuristimen uusimista laadukkaampaan on myös mietitty, mutta kohtuullisen pienen käyttöasteen vuoksi uuden hankkimiseen ei ole ryhdytty.

4.4.3. Osto-osat

Osto-osilla käsitetään erilaisia valmiita komponentteja jousista erilaisiin rutilöihin ja lämmittimestä esimerkiksi polttoainekanisteriin. Osto-osia hankitaan useilta eri toimittajilta maahantuojaista työkaluliikkeisiin. Vastuujakoa muokkaamalla on saatu selkeytettyä ostojen jakaantumisia ja pääsääntönä voidaankin pitää, että asiakas hankkii erikoisemmat tuotteet ja Nokian Npt Oy vastaa yksinkertaisempien osien hankinnasta. Suurin osa osto-osista on määritelty alusta lähtien suhteellisen tarkasti kokoonpanoihin ja osaluetteloihin, joten osien kilpailuttaminen tai itsenäisesti muuttaminen ei ole mahdollista. Tarkoista määrittelyistä huolimatta osaluettelon tiedot olivat alkuvaiheissa erittäin sekavia ja osatiedot usein päivittämättömiä.

Muidenkin osa-alueiden tapaan luettelon/listojen kehittäminen on ollut kehitystyön perusta. Listojen kehittämisen kautta on saatu kustannukset tarkasti selville, varastokirjanpito toimimaan ja osatiedot kohdalleen. Optimoitujen toimituserien ja pyydettyjen toimitusajankohtien ansiosta kustannukset ovat hallinnassa ja valmistus on saatu eteneämään ilman osto-osista johtuvia häiriöitä.

Osto-osien piiriin on kuulunut ja kuuluu edelleenkin osia, jotka kyettäisiin hyvin helposti valmistamaan myös omassa tuotannossa. Muutamista erilaisista laatikoista ja säleiköistä on jo tehty omat piirustukset ja osat on alettu valmistaa Nokian Npt Oy:n tuotannossa. Pari alumiinista osto-laatikkoo sekä säleikköä odottavat vielä samaa käsittelyä. Osien valmistaminen itse tuo kustannussäästöjä sekä tarjoaa pääsyn eroon ylimääräisistä työnvaiheista, kuten porauksista ja erikoismaalauksista. Katapulttiin varta vasten suunnitellut osat muodostavat myös laadukkaamman lopputuloksen sekä takaavat niin varaosien kuin koko kappaleidenkin saatavuuden myös tulevaisuudessa.

4.4.4. Kiinnitystarvikkeet

Kiinnitystarvikkeiksi käsitetään tässä tapauksessa kaikki yleiset kiinnitysvälineet ja komponentit, joita valmistuksessa käytetään. Esimerkiksi pultit, mutterit, aluslaatat ja erilaiset sokat kuuluvat tähän ryhmään. Ensimmäisten katapulttivalmistusprojektien yhteydessä suoraan osaluettelosta poimittu karkea kiinnitystarvikelista toimitettiin yrityksen vakiokiinnitystarvikkeiden vähittäis- ja tukkutoimittajalle. Listan perusteella toimittaja toimitti pyynnöstä projektien alkaessa ruuvitarvikkeet valmistuspaikalle. Normaaleja osia toimitettiin ympäripyöreitä määriä sekä peruskiinnitystarvikkeiden valikoimaa laajennettiin. Erikoisemmat kiinnitystarvikkeet olivat tärkeämmässä roolissa. Moninaisten syiden vuoksi puutteiden esiintyminen oli jokapäiväistä ja hallinnointi mahdotonta.

Tästä alkuaikojen toimitustavasta siirryttiin nopeasti uusien valmistustilojen myötä ruuvihyllyjärjestelmään. Kehityskeskusteluiden myötä päädyttiin kuvan 4.11. kaltaisiin liikkuviin ruuvihyllyihin. Kiinnitystarviketoimittaja toimitti suuren kiinnitystarvikeskaalan vuoksi kaksi pyörillä liikkuvaa ruuvihyllyä. Ruuvihyllyyn järjesteltiin ensisijaisesti kaikki valmistuksessa käytettävät kiinnitysvälineet ja hyllyt täydennettiin samankaltaisilla ja yleisillä variaatioilla. Hyllyjen lisäksi työtiloihin sijoitettiin muutama hyllypaikka erikoisemmille kiinnitystarvikkeille, kuten sokille.



Kuva 4.11. Ruuvihylly

Hyllyjärjestelmän myötä kiinnitystarvikkeista huolehtiminen on siirtynyt täysin toimittajan vastuulle; he pitävät tarkastuskäynneillä huolta, että mikään hylly ei pääse tyhjenemään ja toimittavat täydennyksiä tarpeen mukaan. Hyllyjärjestelmän ulkopuolelle jäävien erikoisempien kiinnitystarvikkeiden hankinnasta vastaa valmistuspäällikkö. Nykyään kiinnitystarvikkeita on tarjolla lähes kaiken kokoisena ja kiinnitystarvikkeista johtuvat ongelmat ovat harvinaisia.

Kiinnitystarvikkeiden käytössä kehitys on vienyt kohti varmempaa ja toimivampaa käytäntöä. Asennustyön helpottaminen on ollut myös tarvikkeiden valinnan taustalla. Useat pulttikoot, pituudet ja tyypit ovat kokeneet muutoksia nykyiseen suhteellisen vakinaiseen kiinnitystarvikekäyttöön. Kiinnitystarvikkeiden käytössä ei noudateta orjallisesti (eikä aina ole mahdollistakaan) kokoonpanopiirustusten vaatimuksia, vaan pääsääntöinä pidetään oikeaa materiaalin valintaa ja hyvää asennustaitoa. Ammattitaitoinen työntekijä osaa usein parhaiten valita kohteeseen toimivimman ratkaisun.

Katapultin vaativan toiminnan vuoksi esimerkiksi pulttien kiinnipitävyys on ollut useasti ongelmanratkaisukohtana. Nyloc-lukkomuttereiden käyttö kaikissa mahdollisissa kohteissa on ollut alusta lähtien pitävyyden perusta. Laitteen kovan käytön ja kiinnityksien vaativuuden vuoksi on useissa kriittisissä kohteissa otettu käyttöön kuvan 4.12. mallisia nord-lock-aluslaattoja. Nord-lock-aluslaattojen käyttö on lisännyt varmuutta asennustöihin ja nostanut laitteen valmistuslaatua. Ruuvilukitetahnoja käytetään myös niitä vaativiin kohteisiin, joissa muunlainen lukitus ei onnistu. Muutamia asennusta helpottavia vastakiinnitysratkaisuja on myös alettu käyttää. Sisäkierrenniittejä, hitsausmuttereita sekä hitsattuja pultteja on lisätty piirustuksiin.



Kuva 4.12. Nord-lock-aluslaatta

Kiinnitystarvikkeiden materiaaleina on sovittu käytettävän pääasiassa haponkestäviä tai toissijaisesti ruostumattomia tuotteita. Myös trailerissa, jossa olisi mahdollista käyttää esimerkiksi sinkittyjä kiinnitystarvikkeita, on sovittu käytettävän samoja materiaaleja. Ruostumattomia ja haponkestäviä kierteitä käsiteltäessä on erittäin tärkeää käyttää kiinnileikkautumisen estämiseksi erilaisia kierretahnoja. Valmistuksessa onkin ollut käytössä alusta lähtien tähän tarkoitukseen kehitettyä tahnaa. Tahna on todettu erittäin toimivaksi ja käyttöystävälliseksi, toisin kuin alussa käytössä ollut kuparipohjainen tahna, joka sotkee suhteellisen paljon. Kiinnitystarvikekuluihin ei ole paneuduttu syvemmin, kiinnitystarvikkeiden tarkempi kustannuserittely on kuitenkin suunnitelmissa toteuttaa. Kustannuksista saadaan suuntaa vuosikulutuksen perusteella sekä kustannuslaskennan arvioilla.

4.5. Asiakastoimitukset

Asiakastoimitukset ovat tärkeä ja kriittinen osa valmistusprojektia. Asiakastoimitusten piiriin kuuluvat lähinnä isot kokonaisuudet sekä erikoiset komponentit. Näitä ovat esimerkiksi moottori- ja kompressorikokonaisuudet, sylinterit, hydraulikkalohko, paineilmaletkut ja useat paineilmakomponentit sekä trailerialustan toiminnalliset osat. Vastuu-jako on ajan mittaan hieman muuttunut ja elänyt selkeämpään suuntaan, mutta pääpiirteittäin pysynyt ennallaan.

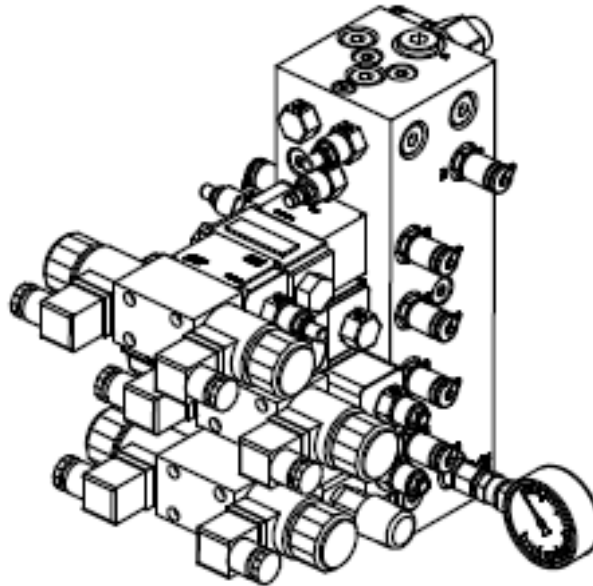
Asiakastoimitukset on varastoitu pääsääntöisesti Nokian Npt Oy:n tiloissa. Isommille toimituksille on kiinteiksi muodostuneet varastopaikat Harkkotien varastotiloissa. Aiemmin pienemmille osille oli erilliset hyllypaikat kokoonpanotiloissa, nykyään asiakkaalla on käytössään pieni erillinen varastotila, johon varastoidaan sinne mahtuvat pienemmät kokonaisuudet. Asiakasosien luovutukset valmistuksen käyttöön hoidetaan nykyään järjestelmällisemmin ja dokumentoiden.

Kokoonpanotyön etenemisen kannalta asiakastoimitukset ovat aiheuttaneet suhteellisen paljon ongelmia tuotannossa. Ongelmat ovat johtuneet myöhästyneistä ja puuttuvista toimituksista sekä osien toimimattomuudesta. Ymmärrettävästi, ongelmien keskittyminen asiakastoimituksiin selittyy osaltaan erikoistuotteiden vaatimuksista ja vaativista toimivuuksista. Erikoistuotteet saattavat joissain tapauksissa olla erityisesti katapulttia varten, epäsäännöllisesti pienissä erissä valmistettuja tiukkojakin vaatimuksia sisältäviä komponentteja. Ongelmien suhteen myös asiakastoimituksien hallinnointi ja toimintatavat ovat kokeneet omat kehitysaskelensa.

Tärkeiden komponenttien puuttuminen tai korjailu keskeyttää usein koko tekeillä olevan kokoonpanovaiheen aiheuttaen muutoksia valmistussuunnitelmaan ja aikatauluihin. Komponenttien ominaisuuksien vuoksi osien toimimattomuus tai virheellisyys havaitaan hyvin usein vasta käyttöönoton yhteydessä, jolloin korjaaminen on huomattavasti ongelmallisempaa ja vaativampaa. Liian usein osien puuttuessa tai rikkoontuessa päädytään, kiireen vuoksi, lainaamaan kappaleita muista projekteista. Osien lainailu toisista projekteista siirtää ongelmaa ja aiheuttaa usein vain lisäharmejä.

Yksittäisistä asiakastoimituksista hydraulikkalohko on aiheuttanut eniten ongelmia valmistuksessa. Hydraulikkalohko on kokenut valtavan kehityksen ja muutostyön. Valmistusprojektin edetessä lähes poikkeuksetta lohko on toiminut väärin ja ennen kaikkea valitettavan usein aina hieman erilailla. Näin ollen katapultin saaminen luovutuskuntoon on ollut useita kertoja valmistusta huomattavasti rasittava, mutta valmistuksesta riippumaton operaatio. Nykyään viimeisien valmistuneiden koneiden osalta hydraulikkalohkojen toimittaja on oppinut valmistamaan lohkot toimiviksi ja ennen kaikkea samanlaisiksi.

Aiemmin katapultin käyntiinajon yhteydessä hydraulikkasäädöissä saattoi mennä jopa päivä tai kaksi, koska lohko ei toiminut suunnitellun mukaisesti tai kuten edellisessä laitteessa. Joka tapauksessa lohkoja muokkaamalla ja säätämällä sekä aivojumpalla katapultit saatiin lopulta toimimaan oikein. Palautteen ja kehitystyön ansiosta hydraulikkalohkon ongelmat on saatu poistettua ja katapulttien hydraulikkasäätö on nykyään yksinkertaista ja nopeaa. Hydraulikkasäädölle on tehty yksityiskohtainen säätöohje ja koska lohkokin vastaa ohjetta, säätö on tehty muutamaan tuntiin. Kuvassa 4.13. on esitetty hydraulikkalohkon mallipiirustus.



Kuva 4.13. Hydraulikkalohko

Ilmenneet ongelmat ja virheet ovat kuitenkin opettaneet valmistusta, asiakasta sekä toimittajia laadukkaampaa valmistukseen. Edellä mainittuja ongelmia tulee esille nykyään huomattavasti vähemmän ja ongelmien käsittely on muuttunut tehokkaammaksi; Ongelmakohtia kehitetään koko toimitusketjun yhteistyöllä sekä organisoidummin. Tiivistynyt yhteistyö toimittajien kanssa, varastoinnin kehittäminen sekä toimituksien aikatauluttaminen ovat tuottaneet hyvää tulosta. Silti valmistus kaipaasi enemmän informaatiota asiakkaan toimituksista sekä selkeämpää ja itsenäisempää valmistukseen tarvittavien kappaleiden luovutuskäytäntöä.

4.6. Hitsaustyö

Varsinaisen fyysisen katapultin valmistamisen voidaan katsoa alkavan hitsauksesta. Valtaosa leikeosista sekä jonkin verran koneistusosia hitsataan hitsauskokoontalon piirustusten perusteella erinäisiksi kokonaisuuksiksi ja ne muodostavat koko katapultin perustan. Hitsaustyö aloitetaan, kun osia on valmistunut riittävästi aihiotuotannosta ja toimittajilta. Järkeväksi aloitushetkeksi on todettu noin kuukausi itse valmistustilauksen saapumisesta. Joitain kokonaisuuksia kyettäisiin hitsaamaan jo aiemminkin varastojen ja nopeiden toimitusten ansiosta, mutta jottei syntyisi turhia katkoksia ja odottelua, työ on järkevä aloittaa vasta kun suurin osa osista on käytettävissä.

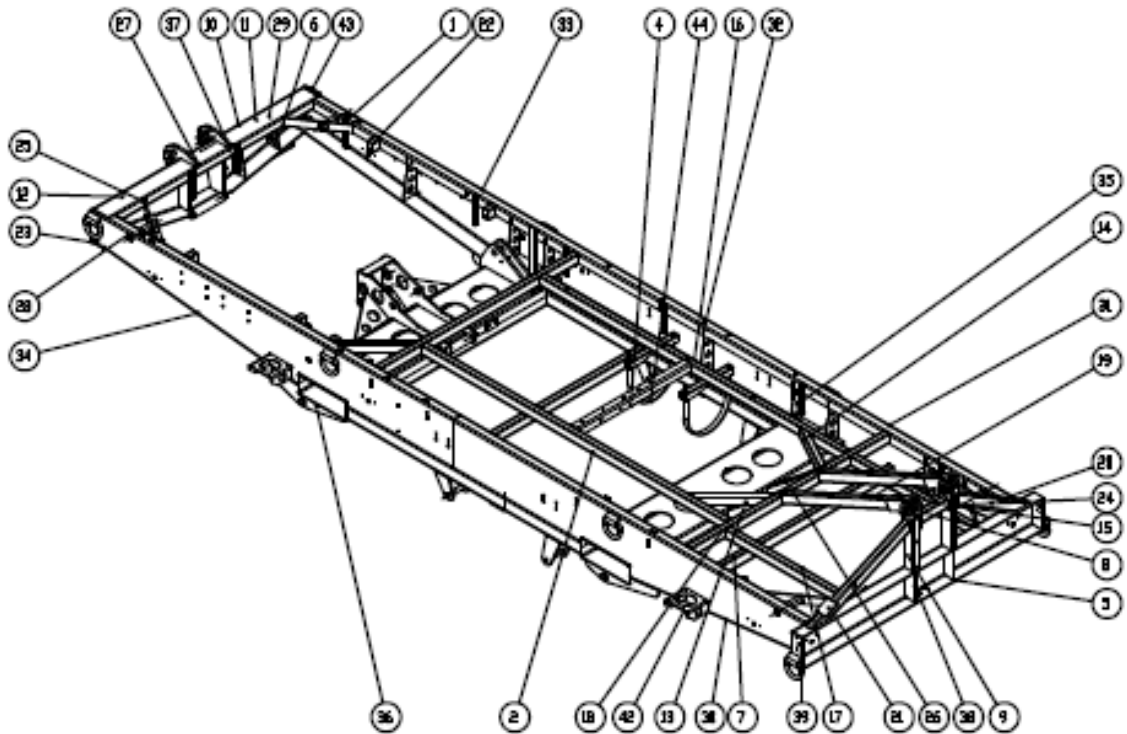
Alkuaikoina hitsaus tehtiin pelkästään hitsauskokoontalon piirustusten avulla. Piirustukset toimivat alkeellisella tavallaan työlistoina ja samalla pöytäkirjoina. Kun kaikki kokoonpanopiirustusten vaatimat kokoonpanot oli tehty ja kaikki osavalmistuksesta toimitetut osat oli käytetty, oletuksena oli, että kaikki hitsauskokoontalon osatkin oli tehty. Alkuperäiset valmistuskansiot toimivat hitsauksen ohjekirjoina ja hitsaustyöntekijällä ja asentajien yhteistyöllä oli suuri vastuu kaikkien osien valmistumisesta.

Suunnittelun puolelta suurempia ongelmia itse hitsauksissa ei ole ollut; hitsausmerkinnöissä on jonkin verran löytynyt epäkohtia sekä joitain hitsauskäytäntöjä on muokattu. Suurimmat ongelmat johtuivat suunnittelun ja aiemman hitsausyksikön välisen yhteistyön puutteesta. Ensiprojekteista lähtien hitsaustietämystä ja osien käyttäytymistä hitsatessa on alettu jakaa myös suunnittelun tietoon.

Toimintaa parantaessa hitsauskokoontaloista muodostettiin erillinen hitsauskansio ja hitsauslista (Liite 5. Hitsauslistaesimerkki). Hitsauslista toimii työlistana piirustustarpeineen ja määrineen sekä muistiinpanona, sisältäen kuvaukset ja erityisohjeet hitsaustyöstä tai erikoiskäsittelystä. Perustietojen lisäksi lista kertoo kokoonpanon jatkokäsittelykohteen ja pintakäsittelytavan. Nämä toimivat hitsaustyön jälkeisen lajittelun perusteina. Lista toimii myös tarkistuslistana; valmistuneet kokoonpanot sekä varastotilanne merkitään listaan ja näin ollen tekemättömät kappaleet ilmenevät jo aikaisessa vaiheessa. Tärkeimmistä ja vaativimmista hitsauskokonaisuuksista on kehitetty ja kehitteillä hitsausohjeet.

Hitsauslistassa hitsaukset on jaoteltu eri kokonaisuuksiin. Erilaisia pääkokonaisuuksia ovat traileri, trailerin osat, rampit, tukikomponentit ja alumiiniosat. Hitsaajalle on koottu myös erillinen hitsauskansio, jossa on ainoastaan hitsauskokoontalon osakuviin sekä hitsausohjeet. Uudet ja päivitetyt kuvat käydään lävitse hitsaajan kanssa ja kansion varsinainen päivittäminen jää työntekijän vastuulle. Hitsaajan kansioon eivät kuulu loppukokoonpanopiirustukset.

Hitsaustöiden kehityksen myötä on otettu käyttöön useita erilaisia hitsausjigejä helpottamaan kokoonpanojen valmistusta. Lisäksi useat hitsauskäytännöt ovat muokkautuneet kohti parempaa lopputulosta ja laatua. Varsinkin hitsaustaipumisen ennakoimiseksi ja välttämiseksi on kehitetty tapoja, joilla päästään parempaan lopputulokseen. Nykyään kaikki hitsausosat valmistuvat luotettavasti, oikein ja järjestelmällisesti. Hitsauksissa esiintyy harvoin vikoja ja niiden laatu on yleensäkin aina ollut riittävää. Hitsauskokoonpanoja ei pääsääntöisesti valmisteta varastoon, mutta joidenkin osien kohdalla tämäkin on suotavaa ja käytännöllistä.



Kuva 4.14. Trailerin hitsauskokoonpano

Hitsausjärjestystä eli mikä kokoonpano hitsataan milloinkin, ei ole erityisesti määritetty. Kuvassa 4.14. esitetty traileri hitsataan tilarajoitteiden vuoksi Ylötien tehtaalla muiden töiden lomassa. Työ tehdään sisäisen tilauksen tapaan. Ramppien (etu-, taka- ja keskiramppi) hitsaus on suurin urakka, joten se on myös tärkein ja ensisijaisin. Rampit hitsataan yksittäisinä lähes valmiiksi mutta kokonaisuus viimeistellään toimivan lopputuloksen takaamiseksi ramppeja toisiinsa kokeilemalla. Nykyisissä hitsaustiloissa tilarajoitteiden vuoksi tämä kokeilu joudutaan tekemään vaiheittain.

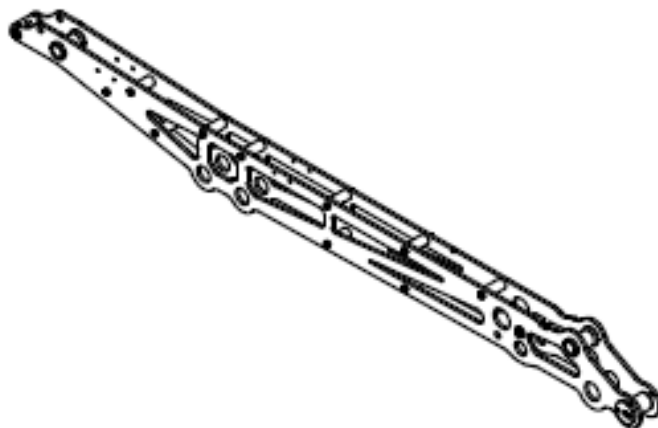
Vaiheittain hitsaaminen hankaloittaa valmistusta huomattavasti, koska ramppeja joudutaan nostelemaan ja kokeilemaan useaan otteeseen. Ramppihitsauksesta on kehitteillä irrallinen hitsausohje, jossa hitsauksien vaiheet käydään yksityiskohtaisesti lävitse ja vaadittavat toimenpiteet esitellään. Vaikka hitsausjärjestystä ei ole määritetty, erilaiset hitsauskokonaisuudet pyritään tekemään kerralla valmiiksi. Esimerkiksi alumiinien hitsausta ei kannata keskeyttää jonkun muun materiaalin käsittelyä varten vaan järkevää on hitsata kaikki alumiinit kokonaisuudessaan.

Hitsausjärjestyksestä ohjeistetaan erikseen ja järjestys vaihtelee kunkin hetken tilanteen mukaan. Hitsausjärjestykseen valintaan vaikuttavat olennaisesti se, mitä osavalmistuksia on valmiina sekä asentajien työtilanne. Usein hitsausjärjestystä muokataan sen mukaan, kuinka paljon hitsattavat kappaleet tuottavat asentajille jatkokäsittelytyötä ja kuinka nopeasti varsinainen loppukokoonpano kyetään aloittamaan. Työtilojen vaikutus hitsausjärjestykseen on myös otettava huomioon. Mahdollisen projektien päällekkäisyyksien vuoksi esimerkiksi isojen osien kimppuun ei aina kyetä heti käymään tilarajoitteiden vuoksi. Tilarajoitteet on otettava huomioon niin hitsausosastolla kuin kokoonpanopuolellakin.

Hitsauksen jälkeen kappaleet tarkistetaan ja hitsauskuonat poistetaan. Kirkkaita teräksiä hitsattaessa on varsin yleistä käsitellä hitsausjälki peittaamalla. Koska kaikki osat kuitenkin maalataan, on sovittu, ettei hapotusta tehdä vaan huolellinen saumojen puhdistus riittää. Kaikkien hitsauksien valmistuttua, hitsauslista tarkistetaan ja toimitetaan valmistuspäällikölle. Viimeistään tässä vaiheessa osat siirtyvät seuraavaan vaiheeseen ja hitsaaja/hitsaajat seuraaviin projekteihin. Valmistuspäällikkö tarkistaa listan ja kirjaa tarvittaessa varasto-osat kirjanpitoon ja muokkaa listaa tarpeen mukaan.

4.7. Osavalmistelu

Osavalmistelulla tarkoitetaan kokoonpanomiehistön tekemää osien käsittelyä ennen niiden maalausta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien osakokoonpanojen kokoamista, esitestausta, tarkastuksia, osien käsittelyä maalauskuuntoon sekä jaottelua pintakäsittelykäytännön mukaisesti. Kuvan 4.15. kaltainen osakokoonpano on esimerkki ennen maalausta tehtävästä kokoonpanotyöstä. Osakokoonpanojen lisäksi osien käsittely maalauskuuntoon käsittää esimerkiksi leikkausjälkien viimeistelyjä ja maalausohjeiden merkitsemistä. Osavalmistelu tapahtuu pääsääntöisesti osien valmistuttua hitsauksesta, mutta työn tapahtuessa vaihteittain, se jaottuu pidemmälle aikavälille. Aiemmin käsitelty työstö-osuus on myös osavalmistelua, mutta se on käsitelty erillään luonteensa ja erillisen ohjauksen vuoksi.



Kuva 4.15. Kelkkakokoonpanon runko

Valmistusprojektin kehittyessä on muodostettu listat maalausta vaativista ja maalattomista osista (Liite 6. Maalauslistaesimerkki). Nämä listat toimivat osavalmistelun työohjeena. Listoihin on kirjattu perustietojen lisäksi mahdollinen valmistelutyön kuvaus ja pintakäsittelykäytäntö. Osavalmistelutyö on suhteellisen pieni työkokonaisuus (alle yksi henkilötyöviikko) ja usein työtä tehdään muiden töiden ohessa, mutta osuus on todettu erittäin hyödylliseksi laadunvarmistuksen kannalta. Vaadittavat esivalmistelut tehdään varmasti ja järjestelmällisesti tarpeiden mukaan sekä osat lajitellaan maalaus-toimituseriin. Listan avulla kaikki tarvittavat kappaleet saadaan varmasti eteenpäin ja vastaanotettaessa sama lista toimii vastaanottotarkastuslistana.

4.8. Maalaus

Maalaus on tärkeä osa-alue katapultin valmistuksessa ja vaikuttaa suuresti laitteen loppulaatuun. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki katapulttiin tulevat kappaleet maalataan toimitettujen maalausohjeiden mukaisesti. Maalaus tapahtuu Nokian Npt Oy:n jauhe- eli pulverimaalauslinjoilla polttomaalausmenetelmällä tai ulkoisilla maalamoilla. Ulkoistetusti maalataan kaikki märkämaalattavat sekä isot kappaleet, jotka eivät fyysisten kokonsa vuoksi omaan maalilinjaan mahdu.

Omaan maalilinjaan liian isoja kokonaisuuksia ovat rampit sekä traileri. Polttomaalauksessa korkean lämpötilan vuoksi mahdollisesti vaurioituvia osia sisältävät komponentit, kuten esimerkiksi pyöräkseli, tukijalat ja valmiskaapit maalataan automaattisesti märkämaalilla. Sylinterit toimitetaan valmiiksi maalattuina.

Katapulttien värisävy vaihtelee toimituskohteesta riippuen. Loppuasiakas määrittelee katapultin päävärin ja erikoistapauksissa toimittaa myös oman maalausohjeen tai jopa itse maalin. Käytettävä päämaalisävy määrittelee suurelta osin maalaustoimintaa; kaikkia sävyjä ei ole mahdollista saada jauhemaalina, joten näissä tapauksissa kaikki osat joudutaan maalamaan ulkoistetusti märkämaalilla.

Märkä- ja jauhemaalauksen laatueroista on monia mielipiteitä mutta kokemuksen perusteella jauhemaalauksen tuottaa kestävämmän ja kovemman pinnan eikä sen nopea kuivuminen aiheuta ongelmia esimerkiksi paketoinneissa ja kuljetuksissa. Nykyisessä valmistuksessa pulverimaalauksen käyttöä toki puoltaa Nokian Npt Oy:n oman jauhepolttomaalausyksikön hyödyntäminen. Oman maalaamon käyttöetuja ovat kustannussäästöt, selkeämpi ohjattavuus ja valvonta sekä tasainen laatu.

Toisaalta polttomaalauksen korkea lämpötila rajoittaa maalauksia. Komponentteja, joissa on lämpöä kestävämpiä elementtejä, ei pystytä polttomaalamaan. Näistä osista olisikin valmistuksen kannalta hyvä päästä eroon. Ainakin muutaman valmiskaapin, jotka sisältävät tiivisteitä, voisi siirtää omaan tuotantoon ja näin ollen myös normaalien maalauksien pariin. Tiettyjen osien suhteen on pakko tyytyä nykyiseen märkämaalikäytäntöön. Tällaiset välttämättömät valmiskomponentit onkin sovittu maalattavan katapultin väristä riippumattomasti aina mustalla sävyllä.

Alumiinien maalaus on aina ollut ongelmallinen osuus pintakäsittelyssä. Alumiinit vaatisivat aivan erityisen esikäsittelyn maalauslaadun varmistamiseksi eikä tällaista käsittelyä monikaan maalaamo kykene toteuttamaan. Kuitenkin on sovittu, että käytettävissä ja pintakäsittelyalihankkijoilla saatavilla oleva esikäsittelytapa riittää, sillä laatu on ollut tyydyttävää.

Kuten jo todettiin, maalaukset vaikuttavat suurelta osin laitteen loppulaatuun. Maalauslaatu on ollut pääsääntöisesti tyydyttävää mutta ikäviä laatuongelmia on ollut jonkin verran; maalaus on ollut huolimaton, useita kertoja erillisten maalausohjeiden vastaisesti, maalien pysyvyyden kanssa on ollut ongelmia, kuljetus- ja pakkausvaurioita on tullut runsaasti esille sekä aikatauluissa pysyminen on ollut hankalaa. Ongelmat ovat tulleet esille varsinkin ulkoisen maalauksen suhteen. Katapultin maalaus on kuitenkin haastava kokonaisuus, johon pitäisi saada kehitystä usealta suunnalta kuten suunnittelusta ja valmistukselta.

Vaikka maalaustoiminta ei ole Nokian Npt Oy:n päätoiminta-alue, oman maalaamon tuottama laatu on ollut tyydyttävää. Maalauslaatuvirheet korjataan reklamaatioilla, mutta virheellisiä osia pääsee aina välillä myös tarkastuksien läpi aiheuttaen ongelmia loppulaatuun. Yleisesti yhteistyökumppanina toimivan maalaamon kokonaisvaltaiseen toimintaan ei olla täysin tyytyväisiä ja kilpailevia toimittajia on harkittu. Suhteellisen isot kappaleet märkä- sekä pulverimaalattuina rajoittavat kuitenkin kilpailijoiden tarjontaa.

4.9. Kokoonpano- ja asennustyö

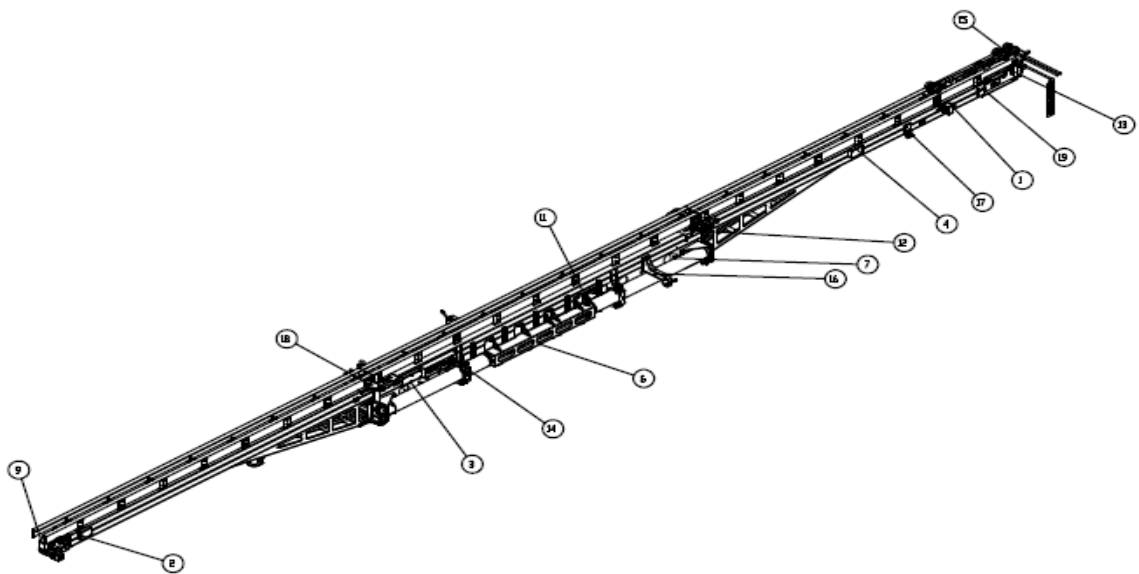
Kokoonpanon perusedellytyksenä on, että materiaalin tulee olla oikeaa, yhteensopivaa ja samaan kokoonpanoon kuuluvaa. Ideaalitulanteessa katapultin kokoonpano alkaa, kun kaikki osat ovat saatavilla eli kun viimeisinkin osa on saapunut maalauksesta tai osatoimittajilta. Kokoonpanotyö voidaan jakaa osakokoonpanoihin ja loppukokoonpanoon. Osakokoonpanot tehdään omilla vakiintuneilla työpisteillään ja loppukokoonpano paikakokoonpanona valmistustilan keskellä.

Laitteeseen kokoonpantavat osat sijaitsevat ympäri hallia omilla varastopaikoillaan ja ne asennetaan paikoilleen omassa järjestyksessään. Kokoonpano on ymmärrettävästi kaikkein eniten aikaa vievä osuus. Aikataulullisesti kokoonpanolle on hyvä varata kaksi kuukautta aikaa maalattujen osien saapumisesta laitteen luovutukseen.

Kokoonpanotyöstä on kehitetty erillinen kokoonpanolista. Listan käyttö on kuitenkin suhteellisen vähäistä. Laite ei valmistu ilman kaikkia osia tai osakokoonpanoja ja lista toimiikin vain muistilistana ja valmistumisasteen kuvauksena. Asentajat ovat oppineet kokemuksen kautta kokoonpanokokonaisuuteen tarvittavat työt. Sama pätee kokoonpanojärjestykseen; määrättyä järjestystä ei ole, vaan asentajat muodostavat järjestyksen valmistukseen kokemuksellaan. Osakokoonpanon päävaiheet ovat ramppi, voimalaite, traileri sekä muut kokonaisuudet.

Ramppi- ja voimalaitekokoonpanot ovat osakokoonpanoista vaativimpia ja valmistusohjeet näiden valmistukseen ovat kehitteillä. Asiakkaan puolelta tarkastuspöytäkirja näihin olisi myös hyvä olla. Itse asiassa tarkastuspöytäkirjoja pitäisi olla useammista kohdista; pöytäkirjan voisi kehittää kohdista, joista valmistusohjekin on suotava.

Voimalaitteen kokoonpanossa voimalaitekoteloon asennetaan dieselmoottori, kompressori, hydraulikkapumppu, webasto-lämmitin, ohjausyksikkö sekä muut komponentit toimivan voimalähteen rakentamiseksi katapultille. Rampin kokoonpano on tärkein osakokonaisuus. Keski-, taka- ja eturamppi liitetään yhteen ja kootaan pukeille lähes 17 metriä pitkäksi kokonaisuudeksi. Ramppien päälle asennetaan johteet, jotka muodostavat kelkan välityksellä kiitoradan miehittämättömälle lentokoneelle. Johteiden asennus on erittäin tarkka työnvaihe ja moderneja menetelmiä käyttäen suoruudessa päästään lähes nollatasoon. Kuvassa 4.16. on esitetty ramppikokoonpano.



Kuva 4.16. Ramppikokoonpano

Nokian Npt Oy kokoonpanee trailerin mekaanisin puolin. Sähkö- ja jarrujärjestelmän asennuksen hoitaa erillinen, kutsusta saapuva raskaskoneasentaja. Vastuu trailerin toimivuudesta ja tarkastuksista on näin ollen kolmannella osapuolella. Muita selkeitä osakokoonpanokokonaisuuksia ovat lähtölukko ja etuköysipyörä (asennetaan ramppiin jo osakokoonpanossa), rampin kallistusmekanismi (asennetaan traileriin), polttoaine- ja hydraulioöljysäiliö, köysikelkka, kelkka, köysijärjestelmä sekä sähkömekaniikka kokonaisuutenaan.

Varsinainen loppukokoonpano alkaa kun ramppi ja traileri liitetään toisiinsa. Trailerin ja rampin liitosoperaatiosta olisi hyvä olla olemassa valmistusohje, mutta se on vasta muistiinpanoasteella. Ramppi painaa tässä vaiheessa kokoonpanoasteesta riippuen 2-3 tonnia ja sen nostaminen trailerin päälle on tapahtunut ajan mittaan nosturilla, trukilla ja nykyisin ulkopuolisen kurottajatoimijan tekemänä. Liittämisen jälkeen osakokoonpanoja liitetään järjestyksessään katapulttiin.

Ensimmäisessä vaiheessa jarrusylinteri asennetaan ja köysikelkka kokoonpannaan keskirampin sisään, isot palautus- ja pääsylinterit asennetaan paikoilleen sekä linjataan linjauspöytäkirjan mukaisesti. Voimalaite, säiliöt ja muut kokonaisuudet asennetaan putkituksien ohella kokoonpanoprosessin loppuvaiheilla. Katapultin toiminnan mahdollistavat jarru- ja laukaisuköydet asennetaan lähes viimeisinä varsinaisina asennuksina asiakkaalta saadun koulutuksen ja ohjeiden mukaisesti.

Hydrauliikka- ja paineilmatyöt ovat suuri ja vaativa osa loppukokoonpanoa ja niitä tehdään vähitellen asennustyön edetessä kohti valmista tuotetta. Valmistusprojektin alkaessa asennusosastolla ei ollut nimeksikään kokemusta putkitustöistä, joten ensimmäiset kolme katapulttia valmistettiin ulkopuolisen hydrauliikka-ammattilaisen tekemänä. Kolmen ensimmäisen koneen jälkeen putkitustöitä ryhdyttiin tekemään itse. Asentajat ovatkin nykyään korkean tason ammattilaisia myös tällä osa-alueella.

Aiemmin mainitut putkituskuvat tulevat muuttamaan hydrauliikka-asennusta kohti laadukkaampaa lopputulosta. Suunnitellut piirustukset tulevat varmasti kokemaan pitkän kehitystyön, mutta tulevaisuudessa on mahdollista päästä tilanteeseen, jossa putket taivutetaan automaattisesti koneilla tarkkaan muotoonsa (manuaalisesti tämä onkin lähes mahdotonta) ja kokoonpano vain liittää osat toisiinsa. Automaattisen taivutuksen lisäkustannukset vaativat kuitenkin oman pohdintansa.

Katapultin voimalaitteen lämmittimenä toimii Webasto-lämmitin, jonka Nokian Npt Oy asentaa paikoilleen kehitetyn asennusohjeen mukaisesti. Lopullisen asennuksen ja lämmittimen käyttöönoton tekee valtuutettu Webasto-asentaja, joka saapuu kokoonpanopaikalle kutsusta, suorittaen lämmittimen käyttöönoton. Viimeisinä valmistustöinä tarkistetaan johteet asiakkaan toimittaman johdetarkastuspöytäkirjan mukaisesti.

Lopulliset sähkötyöt kyetään tekemään aivan viimeisinä valmistuspäivinä. Sähkötöiden valmistuttua ja lopputarkistuksien sekä sähköasennukselta saadun luvan jälkeen, laite on valmis käynnistettäväksi. Ensikäynnistys sisältää erinäisiä turva- ja valmistelutoimenpiteitä ja sen tekee valmistetun käynnistysohjeen mukaisesti yleensä valmistuspäällikkö.

Onnistuneen käynnistämisen jälkeen tehdään hydrauliikkaöljyjen sisäänajo ja hydrauliikkajärjestelmän säätö. Jo aiemmin todettu, moninaisia kehitysvaiheita kokenut hydrauliikan säätöohje opastaa yksiselitteisesti katapultin toimilaitteiden säädön ja valmistaa laitteen lopputarkastuksien ohella luovutuskuntoon. Tämän jälkeen asiakas tekee vastaanottotarkastuksensa ja lopulta valmiin laitteen koeammunnat.

Kokemuksen perusteella, luovutuksen jälkeen asentajat tekevät vielä useita tunteja parannus- ja huoltotoimenpiteitä etenkin hydrauliikka- ja paineilmajärjestelmien suhteen. Joka laitteen osalta on päästy aina kohti valmiimpaa ja parempaa lopputulosta, mutta näitä asiakasta ja valmistusta rasittavia jälkiasennustöitä löytyy aina. Huolellisuutta, tarkkuutta ja tarkastuksia lisäämällä päästäisiin kohti toivotumpaa lopputulosta.

Kokoonpano- ja asennustyö on monivaiheinen kokonaisuus, joka on kehittynyt muotoonsa valmistuskokemuksen ja pitkäjänteisen kehitystyön ansiosta. Jokainen kokoonpano on kokonaisuudeltaan hieman erilainen ja yksilöllisesti valmistettu, kokoonpano-osaston aikaansaama monimutkainen tuotekokonaisuus. Nykyisillä tuotantomäärillä ja kapasiteeteilla kokoonpano on saatu hyvin optimaaliseen tilaan. Laadukas ja toimiva katapultti on toivottu lopputulos kaikkien osalta ja kokoonpano huolehtii siitä, että jokainen valmistunut laite on askeleen lähempänä tavoitetta.

4.10. Sähkötyöt

Katapultin sähkötyöt tekevät kolmannet osapuolet. Sähkösuunnittelusta vastaa suunnitteluyritys, asennustyön hoitaa asennuksesta vastaava yritys alihankkijoineen ja trailerin sähkötyöt sekä käyttöönotto työt hoitaa erillinen raskaskoneasentaja. Edelliset toimivat Robonic Ltd Oy:n alihankkijoina, mutta koska valmistus ja sähkötyöt ovat kovin riippuvaisia toisistaan, töiden koordinointi tapahtuu suurelta osin valmistuksen puolelta. Irrallisuuden vuoksi sähkötöiden käsittely ei kuulu suoraan valmistuksen piiriin, mutta todettakoon, että muidenkin osa-alueiden tapaan sähkötöissä on tapahtunut huomattavaa kehitystä. Valmistukseen heijastuvat sähköongelmat toimituksien, aikataulujen, toimimattomuuksien sekä laatuvirheiden suhteen ovat vähentyneet huomattavasti, mikä on osaltaan vaikuttanut valmistuksen laadun kehittymiseen.

4.11. Työntekijät

Työntekijät ovat tärkeä ja olennainen osa katapultin valmistuksessa. Työntekijöiden valmistamista osista ja komponenteista kootaan hyvinkin monimutkainen ja vaativa laitekokonaisuus. Suunnittelu ja osavalmistus muodostavat laitteen laadun perustan, työntekijät varmistavat kokonaislaadun. Moninaisen työntekijäkokonaisuuden kehittymisen kautta onkin mahdollistettu myös itse laitteen kehittyminen. Työntekijöiden osalta tässä työssä käsitellään vain varsinaisesti katapultin valmistukseen osallistuvien työntekijöiden eli hitsaustyöntekijöiden sekä kokoonpanomiehistön osuutta. Aihio- ja komponentituotannon työntekijät ja muut vastaavat eivät kuulu tähän käsittelykokonaisuuteen.

Katapulttivalmistuksen aloittaminen Nokian Npt Oy:llä oli erikoisprojekti, joten työntekijävalintojen suhteen pyrittiin korkeaan ammattitaitoon. Korkeiden vaativuuksien sekä useiden eri hitsausmuotojen ja -materiaalien vuoksi hitsauksiin valittiin yksi talon parhaimmista ja monitaitoisimmista hitsaajista. Tämä sama hitsaaja onkin ollut katapulttitoiminnassa mukana alusta lähtien. Pääsääntöisesti hitsaustöistä on selvitty yhdellä hitsaajalla, mutta aina välillä on käytetty kiireapuna myös muitakin korkean ammattitaidon omaavia hitsaajia. Päähitsaaja on aina ollut mukana avustamassa ja jakanut tietotaitoaan eteenpäin. Näin ammattitaidon jakaantuminen on turvattu ja katapultin hitsaustaito ei ole vain yhden tekijän varassa.

Kokoonpano-osastolla työntekijöiden koostumukset ovat hakeneet muotoaan projektien kehittyessä. Ensimmäiset koneet koottiin jonkin verran vaihtelevalla miehistöllä. Mukana oli yrityksen vanhoja työntekijöitä sekä uusia alkanutta projektia varten palkattuja asentajia. Valmistusprojektin käynnistämiseen käytettiin hyväksi erään vanhemman kokoonpanijan pitkän ja monipuolisen asennuskokemuksen tuomaa ammattitaitoa. Valmistuksen alkuaskeleiden jälkeen vanhempi asentaja siirtyi taas muihin töihin ja projekteja jatkettiin ”sisäänajetulla” miehistöllä. Seuraavien projektien aikana jokaiselle kokoonpanijalle muodostui sisäisen valinnan, työntekotyylien, osaamissuuntautumisten ja vahvuuksien kautta omat valmistuksen erikois- ja vastualueet.

Keskimääräinen työntekijämäärä katapulttikokoonpanossa on ollut 3-4 henkilöä. Projektien edetessä luonnollisen sekoittumisen ja henkilöstön vaihtumisen kautta vastualueet laajenivat sekä monipuolistuivat ja osaamisalueet tasapuolistuivat. Parhaimpaan aikaan Harkkotien kokoonpanoyksikössä työskenteli 2-3 hitsaajaa ja 5-6 kokoonpanijaa. Heistä noin puolet oli mukana yrityksen muissa projekteja ja toinen puoli katapulttivalmistuksessa.

Henkilöstö koostui niin uudelleen palkatuista kuin muiden projektien piireistä siirtyneistä työntekijöistä. Korkea ammattitaito on aina ollut katapulttivalmistuksen edellytyksenä. Monitaitoisuuden kehittämisen suhteen oli suunnitelmissa valjastaa pikkuhiljaa varsinkin kokoonpanomiehistöä eri projekteihin ja näin laajentaa henkilöstön valmiuksia useampiin osa-alueisiin. Jonkin verran sekoittamista tehtiinkin, mutta taantuman aiheuttamien syiden vuoksi idea jäi kokonaisuudessaan toteuttamatta.

Nykyjään hiljentynyt työtilanne on supistanut työntekijöiden määrää ja päätoiminen katapulttikokoonpanomiehistö koostuukin vain kahdesta tasavertaisesta kokoonpanijasta. Nykyisillä työmäärillä tämä miehistö on ollut riittävä ja tarpeen tullen katapulttikokoonpanokokemusta omaavia työntekijöitä saadaan valjastettua lisää. Tämän hetkisen henkilöstökokonaisuuden toiminta on todettu erittäin tehokkaaksi ja toimivaksi.

Työntekijät ovat monitaitoisia katapulttivalmistuksen erikoisammattilaisia, jotka tuntevat ja hallitsevat katapulttivalmistuksen erinomaisesti. Tilanteen sotkeminen esimerkiksi kokoonpanomiehistöä hetkellisesti lisäämällä tekisi toiminnasta todennäköisesti tehottomampaa, koska tehoja hukkaantuisi ohjeistamiseen ja kouluttamiseen. Ilman selkeämpää jatkuvuutta ja tuotantomäärien kasvua ei kannata sekoittaa toimivaa pakettia. Jos tilanne muuttuu radikaalisti kohti parempaa, totta kai olisi järkevää pyrkiä työn tekemisen kautta saavutetun tietotaidon jakamiseen useammalle työntekijälle.

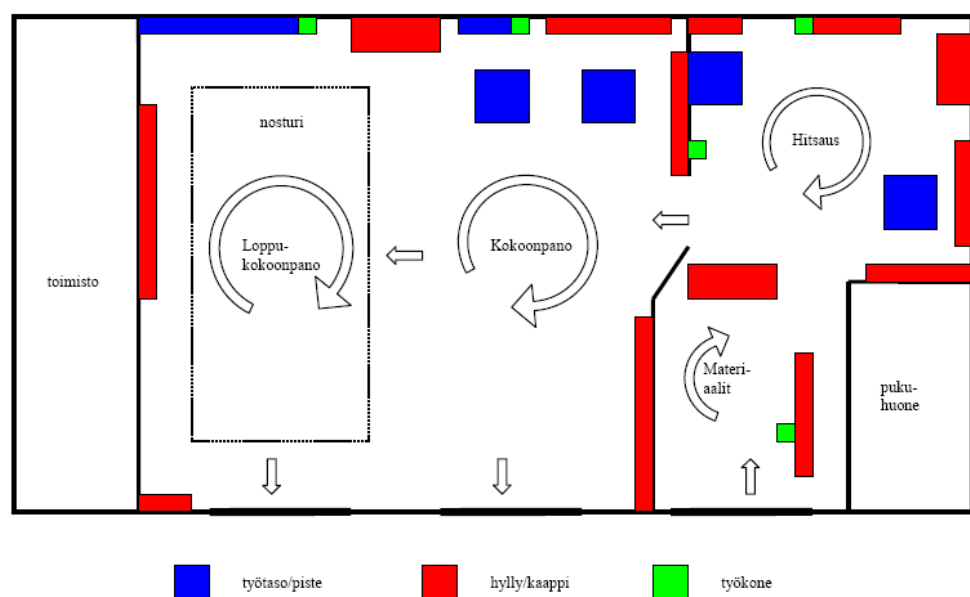
4.12. Työtilat

Katapultin valmistustyötilat ovat vaihdelleet kohtalaisesti ja työtilojen vaihtelu vain jatkuu. Ensimmäisten projektien alkaessa katapulttivalmistus aloitettiin Ylöjärven ison tehtaan tiloissa. Tehdas toimii linjamaiseen tapaan eli materiaalivirta etenee hallin suuntaisesti. Levymateriaalit saapuvat ja ne varastoidaan takimmaiseen päätyyn, josta ne etenevät leikkausalueelle ja siitä edelleen särmäyspisteille. Seuraavaksi on sijoitettu hitsauspisteet ja lopuksi tulevat maalausyksikkö ja kokoonpanotilat.

Katapulttivalmistuksen alkaessa Ylötien tehtaan kokoonpanotiloihin raivattiin tila muiden projektien kustannuksella. Hitsaustyö tehtiin aivan kokoonpanopaikan läheisyydessä. Muutaman ensimmäisen kuukauden jälkeen siirryttiin uusiin tyhjiin tiloihin Harkkotien vuokrahalliin. Harkkotien hallista muodostui kokoonpanoyksikkö ja aihio- ja komponenttituotanto tehtiin Ylötien tehtaalla.

Harkkotien valmistustiloja on kehitetty pitkin matkaa pienin askelin. Tilojen ja työolojen kehittyminen on ollut keskeisessä roolissa myös katapultin valmistuksen kehitymisessä. Siisteys ja järjestys ovat olleet valmistustilojen toiminnan peruspilareita. Harkkotien yksikkö on rajattu selkeästi niin sanottuun likaisempien töiden tilaan ja kokoonpanotiloihin. Likaisien töiden tilaan on sijoitettu pari hitsaussolua lähinnä ruostumattomien ja alumiinihitsauksien tekemiseen, sahauspisteet alkuvarastointeen sekä poraustyöpiste. Katapultin pesupiste on myös tällä alueella.

Kokoonpanotilat pyrittiin pitämään hitsauksesta erillään ja avoimena tilana. Alkuaikoina kokoonpanotilat jaettiin kuvainnollisesti kahteen osaan siellä tehtävien projektien mukaan. Viimeisen vuoden koko tila on ollut pääsääntöisesti katapulttivalmistuksen käytettävissä. Muutokset huomioon ottaen, työtilojen layoutit ovat vaihdelleet jonkin verran kehitystyön tuloksena. Tavoitteena on aina ollut pyrkimys mahdollisimman hyvin toimiviin tilaratkaisuihin. Kuvassa 4.17. on Harkkotien viimeisin layout.



Kuva 4.17. Harkkotien layout

Työolojen parantamiseen on pyritty mahdollisimman kattavalla työtarvikkeiden tarjonnalla. Työkalutarpeiden ilmetessä hankintoja on toteutettu tarpeen suuruuden mukaan. Periaatteena on ollut, että työtarvikkeiden puutteet eivät saa häiritä työntekoa. Isompien ja kalliimpien työkalujen hankinta ei ole aina ollut ripeää, mutta kuitenkin ajan kuluessa hankinnat ovat toteutuneet. Työtarvikkeet eivät ole olleet aina parhaimpia mahdollisia tai uusimpia, mutta kuitenkin ne ovat ajaneet asiansa.

Katapulttivalmistuksessa tarvittavia tai helpottavia suurempia hankintoja ovat olleet nosturi, sahausyksikkö, pylväsporakone, hydraulipuristin, uuni ja pakastin. Jälkimmäisiä kolmea tarvitaan lähinnä laakerointityössä. Hyllyjä, työtasoja, kaappeja, hitsausimureita ja muita työskentelyä tukevia ja työoloja kehittäviä apuvälineitä on tehty itse tai hankittu tarpeiden mukaan.

Työvarusteet ovat pyritty pitämään asiallisessa kunnossa ja saatavilla. Maalivarasto-, hitsaustarvike- ja työväline/varustekaappien hankintojen kautta toiminta on kehittynyt kohti järjestelmällisempää lopputulosta. Työtarvikkeiden kuten varastohyllyjen sijoittuminen seinustoille nykyiseen järjestykseensä on kehittynyt omalla painollaan. Pääsääntönä on, että tavaroiden on oltava aina lähettyvillä ja löydettävissä omilta paikoiltaan.

Työtilojen muutokset vain jatkuvat; nykyisistä tiloista ollaan luopumassa ja uusia tilavaihtoehtoja puntaroidaan. Tulevaisuuden vaihtuvassa valmistustilaratkaisussa on otettava huomioon erinäisiä katapulttivalmistukseen liittyviä tilavaatimuksia. Katapulttivalmistuksessa ja sen toiminnassa keskeisenä perustana layoutsuunnittelussa on suuri tilan tarve.

Katapultti on kohtuullisen suuri kokonaisuus, joka sisältää jo varhaisessa tuotantovaiheessa hyvinkin pitkiä kappaleita. Isoja kappaleita on pystyttävä valmistamaan sekä ennen kaikkea niitä on mahduttava käsittelemään ja kyettävä siirtelemään. Ramppeja hitsattaessa olisi suotavaa, että koko ramppikokonaisuus kyettäisiin kokoamaan ja myös liikuttelemaan hitsaustiloissa. Tällaiset tarvittavan suuret hitsaustilat ovat kuitenkin harvinaisia ja hitsaus onnistuu myös vanhaan malliin vaiheittain. Vaiheittain hitsattaessakin tilantarve on kohtuullisen suuri.

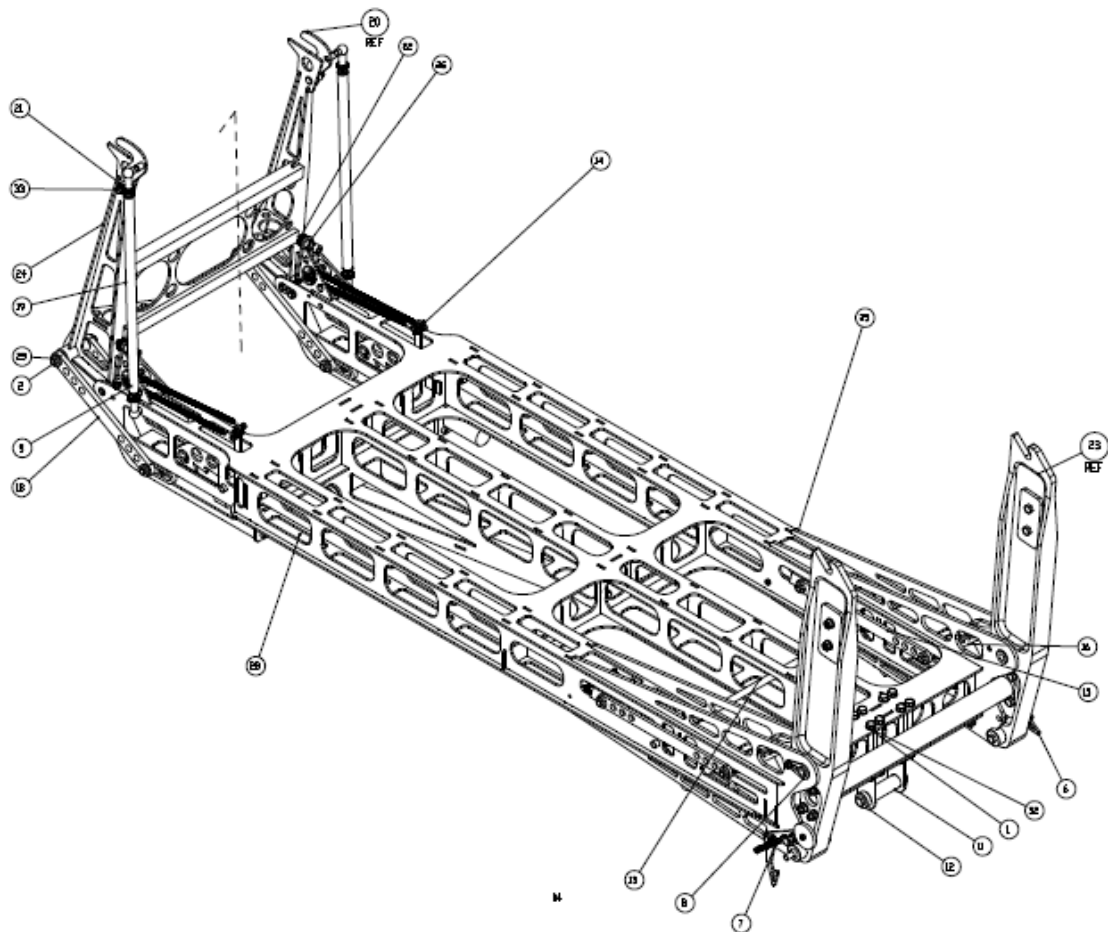
Kokoonpantaessa tilaa tarvitaan riittävästi. Ensinnäkin rampin osakokoonpanossa ramppi kootaan työpukeille suoraksi. Toiseksi loppukokoonpanossa tilaa on oltava siten, että koko katapultti mahtuu suoraksi sekä kuljetuskuntoon saaminen on mahdollista ilman laitteen siirtelyä. Rampin ja trailerin liittäminen sekä muut raskaat osat on pystyttävä nostamaan paikalleen, joten jonkinlainen nostokalusto on myös pakollinen.

Katapulttikokoonpanotilojen on oltava suhteellisen puhtaita. Varsinkin käsiteltäessä ja varastoitaessa hydrauliiikka- ja paineilmaosia puhtaus on erittäin tärkeää. Rampin kallistusta kokeiltaessa tilaa on oltava tarpeeksi myös ylöspäin. Katapulttia käytettäessä on otettava huomioon myös pakokaasujen poisto sekä työtilojen turvaetäisyydet. Oheistointi ja useiden mahdollisten laitteiden päällekkäinen käsittely aiheuttaa myös lisävaatimuksia valmistustiloille.

4.13. Oheistuotteet – ja toiminta

Varsinaisen laukaisualustan valmistamisen lisäksi katapulttitoiminta sisältää paljon erilaisten oheistuotteiden valmistamista sekä muuta oheistoimintaa. Nämä kokonaisuudet on rajattu tämän diplomityön ulkopuolelle, mutta asian selkeyttämiseksi ne mainitaan tässä lyhyesti. Erilaisia oheistuotteita ovat esimerkiksi adapterit, testipainot ja varaosapalvelut. Adapterit, joista on esimerkki kuvassa 4.18., ovat välikappaleita katapultin ja miehittämättömän lentokoneen välillä ja ne kuvainnollisesti heittävät lentokoneen ilmaan katapultin avustuksella.

Adapterit ovatkin näin ollen erittäin tärkeässä roolissa koko katapulttitoiminnassa. Adapterit suunnitellaan ja valmistetaan pääasiassa yksilöllisesti loppuasiakkaan tarpeiden mukaan. Testipainot esittävät lennätettävää lentokonetta. Ne suunnitellaan lentokoneiden mittojen sekä painon mukaan ja niillä tehdään valmistuksen jälkeiset katapultin testiheitot.



Kuva 4.18. Adapteri

Oheistuotteiden valmistuksessa hyödynnetään kaikkia katapultin valmistuksesta omaksuttuja kehitystoimenpiteitä. Valmistusprosessit ovat kokonaisuudessaan samankaltaisia kuin koko laitteen valmistus, mutta vain pienemmässä mittakaavassa. Varsinkin adapterien valmistuksessa kehitystyön hyödyt tulevat selkeästi esille ja näiden valmistuksessa on tapahtunut huikeaa parannusta. Katapulttivalmistuksen kehitystyön hyödyt ovat kuitenkin selkeimmin auttaneet muun oheistoiminnan sujumista.

Oheistoiminnalla tarkoitetaan huolto- ja korjausoperaatioita. Näissä katapultin valmistuksen kehittynyt hallinta ja selkeä valmistusrakenne ovat olleet erittäin suureksi avuksi. Katapulttihuollot ovat nykypäivänä merkittävä osuus toimintaa; Nokian Npt Oy:llä on valmistettu kymmenen katapulttia, huolto-operaatioissa on kuitenkin käynyt reilusti yli toistakymmentä laitetta. Toisaalta katapulttien rankat käyttöolosuhteet ja vaativa toiminta rasittavat laitetta huomattavasti aiheuttaen erinäisiä pieniä ja suurempiakin korjaustarpeita. Laukaisualustan kehittyminen kohti toimivampaa kokonaisuutta on tuottanut ja tuottaa jatkossakin muutospaineita jo käytössä oleviin tuotteisiin.

5. KEHITYSTYÖN TULOKSIA

Kehitystyön tulokset -osiossa käsitellään valmistusprojektin kehitystyön tuloksia yleisellä tasolla. Osiossa käsitellään projektin hallintaa ja laatua, valmistettavuutta sisältäen valmistusajat ja toimitusajat, kustannussäästöjä sekä toimintatavan jatkokäyttöä. Projektien hallinnan ja laadun kehittyminen ovat allekirjoittaneen mielestä kehitystyön suurimpia saavutuksia. Kehittynyt valmistettavuus on totta kai myös kokonaisuuden kannalta erittäin tärkeä ominaisuus. Valmistusaikojen ja kustannussäästöjen kehitykset ovat varmasti monen mielestä tärkeimmät ominaisuudet, joilla kehitystyön tulokset mitataan. Projektivastaavan mielestä pelkästään näiden tuloksien analysointi ei anna oikeanlaista kokonaiskuvaa; kehitys näissä on ollut kuitenkin väistämätöntä ja jos kehitystä ei olisi tapahtunut, jotain olisi selkeästi tehty väärin.

Tulokset -osio ei varsinaisesti perustu minkäänlaisiin mittareihin tai tilastoihin koska valmistuksen kehitystyön mittareita ei ole olemassa. Tuntiseuranta on ainut selkeä mitattu kokonaisuus ja valmistustuntien kehitys onkin selkeästi taulukoista ja kuvaajista havaittavissa. Muista tuloksista ei ole ollut seurantaa, eikä kaikista olisi edes mahdollistakaan, joten tuloksiakin pyritään selventämään vain sanallisessa muodossa. Tuloksien varsinainen arvottaminen jää katapulttivalmistukseen osallisten asianomaisten ja jokaisen lukijan itsensä arvioitavaksi. Kehitystyön tärkein tulos on kuitenkin, niin valmistuksen kuin lopputuloksenkin osalta, huomattavasti kehittynyt miehittämättömien lentokoneiden laukaisualusta. Alla olevassa kuvassa 5.1. on esitetty valmis katapulttikokonaisuus.



Kuva 5.1. Katapultti, adapteri ja UAV-lentokone lähtövalmiina

5.1. Hallittavuus, ohjattavuus ja järjestelmällisyys

Valmistusprojektin kehitystyön ansiosta projektien hallinta on muuttunut kaoottisesta sekasorrosta järjestelmälliseen ja hallittuun valmistuskokonaisuuteen. Projektin hallinnan kehitystä on hankala mitata tai todentaa ulkopuoliselle, mutta muutosta kohti parempaa on selkeästi tapahtunut. Muutos ei näy suoranaisesti esimerkiksi projektikohtaisen työtaakan vähentymisenä, vaan työskentelyn painopisteen vaihtumisena. Projektien alkuvaiheissa itse valmistuksen toteutuminen vaati huomattavasti enemmän resursseja kuin nykypäivänä. Valmistuksen etenemisen seuraaminen, jatkokehittely, virheetön valmistus/laadun varmistaminen ja muun muassa oheisprojektit ovat huomattavasti laajentuneita nykypäivän painopisteitä.

Järjestelmällisyys on ollut katapulttivalmistuksen alusta lähtien yksi tärkeimmistä kehitystyön lähtökohdista. Järjestelmälliseen tapaan toimia ja työskennellä kaikilla osa-alueilla on pyritty määrätietoisesti ja nykypäivän valmistus onkin suurelta osin järjestelmällisemmän toiminnan tavoittelun tulosta. Järjestelmällinen valmistus ja toiminta rakentuvat kehitystyön useilta eri osa-alueilta sekä ohjaavat katapultin askel askeleelta valmiiksi kokonaisuudeksi. Järjestelmällisyyden etuja on turha tarkemmin määritellä; pitkälle kehitetty järjestelmällisyys on tehokkuuden, toimivuuden, hallittavuuden ja ohjattavuuden perusedellytys.

Valmistusprojektin kehitystyön ansiosta valmistuksen ohjaus on kehittynyt huomattavasti. Valmistus etenee nykypäivänä järjestelmällisesti ja lähes ongelmattomasti ilman suurempaa ohjausta kohti valmista katapulttia. Valmistuslistat ja -ohjeet mahdollistavat tämän. Ensimmäisen valmistusprojektin alkaessa käytössä oli vain pari valmistukselle järjestykseltään epäloogista, sisällöltään haastavaa ja osittain päivittämätöntä piirustuskansiota sekä tältä pohjalta tulostettu koko laitteen osaluettelo. Projektissa nämä toimivatkin ainoina niin sanottuina valmistuslistoina/ohjeina. Epäselviä kohtia esiintyi runsaasti, varmuutta osien valmiustasosta tai löytyvyydestä ei ollut, työ vaatii taukoamatonta työnohjausta ja tehoton työn ihmettely oli jokapäiväistä.

Valmistuksen edetessä on kehitetty valmistusluettelot, jotka nykyään toimivat koko valmistuksen perustana. Kehitystyön tuloksena on myös muokattu valmistuspiirustuksia kohti selkeämpää kokonaisuutta sekä valmistuskansioita selkeämpään ja jaotellumpaan, valmistukselle suotuisaan muotoon. Kehittyneet ja parannetut valmistuspiirustukset sekä toimivat valmistuskansiot ovat johtaneet keskeytymättömään työskentelyyn ja näin ollen tehokkaampaan työpanokseen.

Valmistuslistojen lisäksi varsinaiset työohjeet tukevat osaltaan valmistuksen etenemistä. Valmistusohjeita on olemassa jo lämmittimen asentamisesta, katapultin käynnistämisestä ja hydrauliiikan säätämisestä (Liite 7: Hydrauliiikan säätöohje). Ohjeita on suunniteltu tehtävän vielä trailerikokonaisuuden valmistamisesta, ramppien hitsauksesta ja kokoonpanosta sekä voimalaitekokoonpanosta ja loppukokoonpanosta. Asiakkaan kehittämät tarkastuspöytäkirjat tarkastuspisteineen ja huolto-ohjeet ovat myös valmistuksen ohjausta edistäviä kehitystyön tuloksia.

Systemaattinen ja järjestelmällinen dokumentointi vaikuttaa osaltaan suotuisasti projektien hallintaan. Käytäntöjen kautta toimivaan muotoonsa kehittyneet dokumentointi- ja arkistointimenetelmät koostuvat valmistusprojektien kaikista mahdollisista papereista. Ensinnäkin itse projektiin kohdistuva tilaus sekä mahdolliset tilaukseen liittyvät liitteet, tilausvahvistus, työmääräin, lähete ja tuntiseuranta kootaan projektikansioihin. Toisaalta projektin hankintatoimen paperit (hankintatilaukset, tilausvahvistukset ja liitteet), työlistat ja mahdollisesti erikoisohjeet ja piirustukset kerätään myös projektikansioihin. Kehittyneen dokumentoinnin kautta esimerkiksi arkistojen tutkiminen jälkikäteen on helpottunut huomattavasti. Yhtenäinen ja järjestelmällinen dokumentointitapa toisaalta helpottaa erilaisten projektien yleistä jälkikäsitteilyä, kuten esimerkiksi jälkilaskentaa.

5.2. Laadukas lopputuote

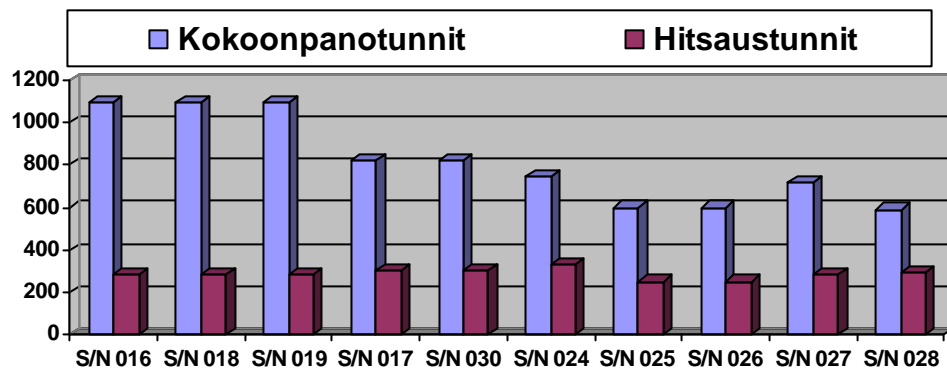
Laatua on hankala mitata, varsinkaan jos minkäänlaisia mittareita ei ole olemassa. Kuitenkin voidaan väittää, että katapultin laatu, niin valmistuslaatu kuin kokonaislaatuakin ovat kehittyneet huomattavasti. Ylimääräisten töiden, ja näin ollen myös kustannuksien, aleneminen lähes nollaan on yksi selkeä laadun kehitystyön mittari. Viimeisimmissä projekteissa viallisista osista, valmistusvirheistä, aikatauluista ja muutoksista johtuvia lisäkustannuksia oli havaittavissa erittäin niukasti. Kehitystyön tuloksena laatu yleisellä tasolla on saatu kohti tyydyttävää lopputulosta, mutta kehitystyötä riittää vielä tulevaisuudellekin. Katapulttivalmistuksessa laadun kehittäminen on pitkäjänteinen projekti. Se koostuu useista kehitystyön palasista ja johtaa aina vain laadukkaampaan ja edellistä parempaan lopputuotteeseen.

Laadun kehittämisen myötä yksi suurimpia saavutuksia on laatuajattelun kehittyminen. Tarkoituksena ei ole vain saada katapultti valmiiksi, vaan saada se valmiiksi mahdollisimman laadukkaasti ja siten, että seuraavassa projektissa onnistutaan taas paremmin. Suuri muutos on tapahtunut työntekijöiden laatuajattelussa. Vaikka nykyään viallisia kappaleita esiintyy huomattavasti harvemmin, niitä kuitenkin aina vähän väliä esiintyy. Havaittavissa on ollut, että laatuvirheet tulevat esille huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa.

Totta kai osavalmistuksen laadun tarkistamisen tehostaminen on osaltaan vaikuttanut viallisten tuotteiden aikaisempaan paikallistumiseen, mutta oletettavasti myös laatuajattelun kehittymisen kautta virheisiin puututaan heti kun ne havaitaan. Aiemmin ongelmakohdat saatettiin sivuuttaa tai jopa unohtaa ja oletettavasti joissain tilanteissa työskentelyä on jatkettu jopa viallisilla osilla. Viallisten osien läpipääsyn on todettu hankaloittavan kaikkien työskentelyä, joten näistä halutaankin eroon.

5.3. Valmistettavuus ja valmistusajat

Katapultin valmistettavuus ja valmistusajat ovat kehittyneet huomattavasti. Valmistustuntien kehitys on selkeästi mitattu kehitystyön tulos. Kuvaajassa 5.1. on esitetty valmistustuntien kehitys kokoonpanotyön ja hitsaustyön osalta. Kuvaajasta nähdään selkeästi varsinkin kokoonpanotuntien väheneminen projektien edetessä. Kolmen ensimmäisen projektin osalta valmistustunteja oli suhteellisen paljon katapulttiprojektien käynnistymisen ja proto-valmistuksen takia. Ensimmäiset valmistusprojektit olivat erittäin sekavia ja yksilölliset työtunnit onkin saatu projektien keskiarvoista. Neljättä ja viidettä sekä seitsemättä ja kahdeksatta katapulttia valmistettaessa valmistustunnit on kirjattu myös keskiarvojen perusteella, koska kyseessä on ollut samanaikaisesti valmistetut, keskenään identtiset projektit.



Kuvaaja 5.1. Kokoonpano- ja hitsaustyön tuntikehitys katapulttikohtaisesti

Katapulttivalmistusprojektin kaikki kehitysaskeleet ovat vaikuttaneet valmistustuntien kehitykseen. Vaikutukset ovat olleet pääsääntöisesti positiivisia, mutta välillä myös negatiivisia. Hukkatuotteiden valmistaminen, vialliset kappaleet, muutokset, uusien osien valmistaminen ja epäselkeät valmistustiedot ovat aiheuttaneet useissa projekteissa runsaasti ylimääräistä työtä. Järjestelmällisyyden puute sekä epäorganisoitu projektin hallinta ovat myös häirinneet valmistuksen sujuvuutta alkuvaiheissa. Kehittymisen lisäksi oppiminen on ollut tärkeä valmistustunteihin vaikuttava tekijä. Valmistuksen oppimisen vaikutuksia on hankala arvioida, mutta oletettavasti suuri osuus valmistustuntien vähenemisestä on siitä johtuvaa.

Katapultin kehittyminen ja muuttuminen sekä näin ollen yhdenmukaisen vertailukohteen puuttuminen ovat vaikuttaneet epäsuotuisasti valmistustuntikehitykseen. Kehitystyön päätavoitteena ei ollut valmistettavuuden parantaminen, vaan paremman kokonaistuotteen valmistaminen. Vaikka laitteen valmistettavuus on parantunut, työmäärä on silti kehityksen vaikutuksesta kasvanut.

Katapultti on muuttunut ja monimutkaistunut rakenteeltaan huomattavasti sekä kaikki valmistetut koneet ovat olleet erilaisia ja sisältäneet eri ominaisuuksia; kolmeen ensimmäiseen laitteeseen ei valmistettu lähtölukkoa, traileri on muuttunut huomattavasti kuudennesta alkaen, uudenmalliset sylinterikannakkeet ja -varsisuojat on otettu käyttöön kuudennen projektin jälkeen sekä esimerkiksi koneistusosiin on tullut ajan mittaan runsaasti muutoksia ja lisäyksiä. Valmistustien suora analysointi ei anna täysin oikeaa kuvaa kehityksestä; oppimisen ja kehittymisen vaikutus on todellisuudessa ollut suurempaa kuin kuvaajat antavat olettaa.

Hitsaustyötuntien kehitys on ollut maltillisempaa kuin kokoonpanotyön. Kehitystyö sekä muutokset ovat rasittaneet sitä negatiivisemmin. Pienerätuotannon positiiviset vaikutukset tuntikehitykseen näkyvät rinnakkain valmistettujen projektien kohdalla; valmistustuntien pudotus kolmannen ja viidennen valmistusprojektin jälkeen on ollut huomattava. Valmistuksellisilla tauoilla on selkeästi vaikutuksensa työtunteihin. Katapultti-valmistusprojektin päättyessä olisi suotavaa päästä suoraan siirtymään seuraavaan projektiin, jotta työvire säilyisi ja valmistus olisi hyvässä muistissa.

Valmistustuntien määrä tulee varmasti jatkossakin vielä alenemaan mutta nykyiseen tapaan jatkamalla luultavasti mitään suurempaa muutosta ei tule tapahtumaan. Tuntimäärät ovat selkeästi alkaneet tasaantua ja vain laajemmat valmistukselliset parannukset alentaisivat niitä entisestään. Ramppikokoonpanossa johderakenteen eli kiitoradan rakentaminen on pitkä ja hidas työnvaihe, joten johteiden radikaaleilla rakenteellisilla muutoksilla voitaisiin mahdollisesti päästä kannattaviinkin valmistusajan vähennyksiin. Johteiden muutosidea on jo suunniteltu ja mietitty, mutta moninaisista syistä johtuen idea on jäänyt toteuttamatta. Yksittäistuotannosta siirtymällä jonkin muotoiseen sarjatuotantoon, tunteja saataisiin varmasti vähenemään mutta tähän vaaditaan reilua kaupankäynnin piristymistä ja tilausmäärien kasvua.

5.4. Toimitusajat

Aikataulut ja toimitusajat ovat ymmärrettävästi kehittyneet kehitystyön tuloksena. Alkuaikoina katapultin toimitusaika oli 5-6 kuukautta asiakkaan tilauksesta luovutukseen, nykyään katapultti kyetään valmistamaan noin neljässä kuukaudessa. Nykyisellä valmistuskapasiteetilla ja -tavalla hankinnoille ja osavalmistukselle varataan aikaa kuukausi, hitsaustyölle kuukausi ja kokoonpanotyölle noin kaksi kuukautta. Katapultin ideaalinen valmistusaika on kuitenkin noin viisi kuukautta. Tällöin aikataulussa on valmistukselle suotavaa joustovaraa ja ongelmat saadaan minimoitua. Toimitusaikojen vaihtelut ovat ajan mittaan olleet hyvinkin rikkonaisia ja syyt moninaisia, mutta kehityskäyrä on silti positiivinen.

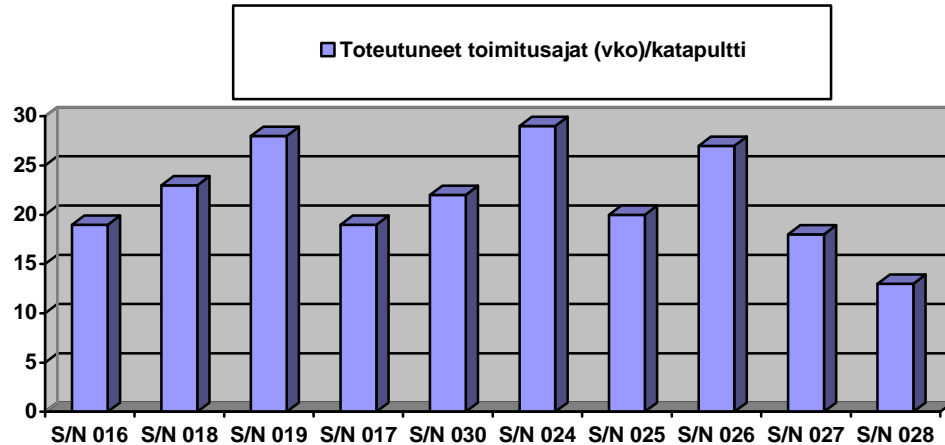
Kuvaajassa 5.2. on esitetty katapultin ideaalinen valmistusaikataulu nykyisillä resursseilla Nokian Npt Oy:ssä. Valmistusaikataulun ideaalisuus perustuu hitsaus- ja kokoonpanotyön tasapainoon keskeytymättömän työskentelyn oletuksella. Valmistusaika on kehittynyt nykyiseen muotoonsa kehitystyön tuloksena ja valmistus noudatteleeekin sitä kohtuullisen hyvin. Resursseja lisäämällä valmistusaikataulua saadaan hieman supistettua esimerkiksi hitsauksen ja kokoonpanon osalta. Muutoksien järkevyys on kuitenkin punnittava kokonaistilanteen pohjalta siten, että kokonaisvalmistuksen ideaalisuus ei kärsi.

Valmistusaikataulu (Nokian NPT Oy)																				
Katapultti	viikko																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21
Hankinnat																				
koneistusosat																				
erikoisleikkeet																				
kumi- ja muoviosat																				
osto-osat																				
Osavalmistus																				
levyleikkeet																				
kanttaus																				
sahamateriaalit																				
työstö																				
Hitsaus																				
traileri																				
rampit																				
ruostumaton																				
alumiinit																				
muut																				
Osavalmistelu																				
Maalaus																				
Kokoonpano																				
traileri																				
traileri, sähköt																				
rampit																				
voimalaite																				
muut																				
loppukokoonpano																				
Webasto																				
sähköt																				
viimeistely																				

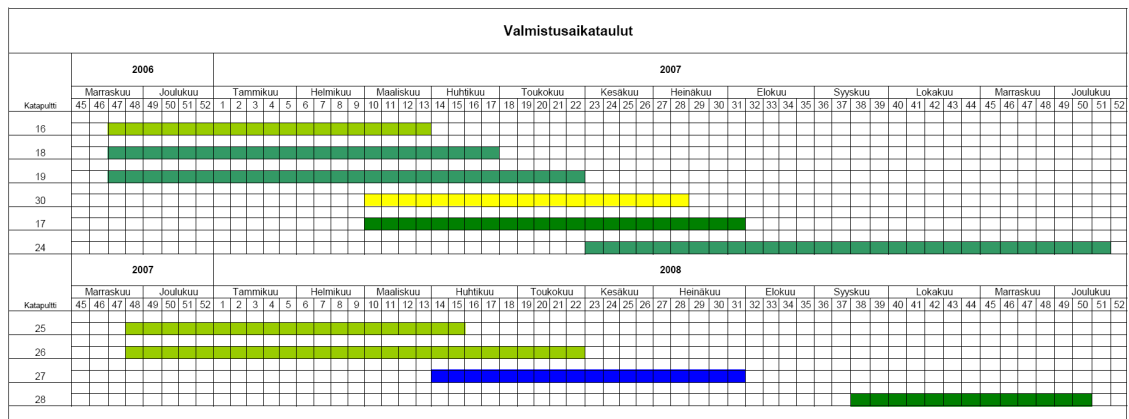
Kuvaaja 5.2. Valmistusaikataulu

Kuvaajissa 5.3. ja 5.4. on valmistettujen katapulttien toteutuneita toimitusaikoja eri muodoissa. Kuvaajassa 5.4. janojen värit kuvaavat katapultin todellista väriä. Näistä taulukoista ei suoranaisesti saa poimittua toimitusaikakehityksen tuloksia, mutta jonkinlaisia viitteitä niistä on luettavissa. Vertailtaessa taulukkoja keskenään, toimitusajat avautuvat selkeämmin. Kolmea ensimmäistä konetta valmistettaessa tilanne oli erittäin sekava ja muutosrikas, joten näiden suhteen toimitusaikatilastoihin sokeasti luottaminenkaan ei ole suotavaa.

Projektien päällekkäisyys on selkeä aikatauluihin vaikuttava tekijä. Kuten todettu, rinnakkain valmistettujen projektien valmistus on tehokasta, mutta valmistusaikojen lomittuessa jälkimmäisen toimitusaika on harhaan johtava. Oheisprojektit, joita tässä ei tarkemmin käsitellä, ovat ajan mittaan aiheuttaneet runsaasti toimitusaikatauluihin vaikuttavia päällekkäisyyksiä. Valmistuksellisen tauon jälkeen käynnistyvän projektin vaikutukset sekä loma-aikojen vaikutukset ovat myös toimitusaikoja kasvattavia tekijöitä.



Kuvaaja 5.3. Toteutuneet toimitusajat tilauksesta



Kuvaaja 5.4. Toteutuneet valmistusaikataulut

Toteutuneisiin aikatauluihin vaikuttavat myös monet muut tekijät. Kuten aiemmin on todettu, kaikki katapultit ovat yksilöllisiä ja muutokset johtavat aina jonkinlaisiin aikataulueroihin. Valmistuksen aikana toteutuvien muutoksien vaikutus näkyy selkeästi esimerkiksi katapultissa numero 024. Tämän valmistusprojektin aikana toteutettiin monia suuria rakenteellisia muutoksia. Muutokset eivät kuitenkaan vaikuttaneet suoranaisesti työtunteihin, vaan lähinnä projektin valmistumisaikatauluun. Virheellisillä kappaleilla on samanlainen vaikutus; muutoksien tai korjauksien ajaksi työt keskeytyvät tai siirtyvät venyttäen valmistumisaikatauluja kuitenkin huomattavia hukkatyötunteja synnyttämättä.

Kahden viimeisimmän laitteen toimitusnopeuteen ovat vaikuttaneet päällekkäisten projektien vähäisyys sekä se, että näihin projekteihin osattiin hieman valmistautua etukäteen. Toisaalta viimeisimmissä projekteissa on alkanut selkeästi näkyä kehittyneet toimintamuodot ja -tavat. Valmistusprojektin kehitystyö on alkanut tuottamaan tulosta! Pyydetty/toivotut toimitusajat ovat vaikuttaneet suuresti myös toteutuneisiin valmistumisaikoihin. Tapauksissa, joissa toivottu toimitusaika on tarpeeksi kaukana projektin aloitushetkestä, valmistumisaikaa voidaan venyttää tarpeen mukaan kuitenkin työtunteja kasvattamatta.

5.5. Pohja muille projekteille

Katapulttivalmistus on erikoisprojekti, jonka kehittämiseen ja hallinnointiin on panostettu, jo vaatimuksien puolesta, yksinkertaisempia projekteja laajemmin ja systemaattisemmin. Toimiviksi todettujen käytäntöjen laajentaminen, käyttöönotto ja jatkokehittäminen olisi suositeltavaa muidenkin projektien yhteyteen. Esimerkiksi jaotteluidea valmistusosa-alueittain selkeisiin luetteloihin antaa loistavan pohjan myös muiden samankaltaisten valmistusprojektien läpiviemiseen Nokian Npt Oy:llä.

Katapulttivalmistusprojektissa luettelot kehittyivät vähitellen nykyiseen valmistustehokkuuden kannalta suotuisaan muotoonsa. Nykyään pohjatietämys on jo olemassa ja käytännöt sekä toimintatavat ovat suoraan siirrettävissä kohdeyrityksen muihin uusiin käynnistyviin projekteihin tai jopa vanhoihin jo käynnissä oleviin projekteihin. Valmistusluetteloiden lisäksi myös muut katapulttitoiminnassa olevat käytännöt, laajennettuina muihin projekteihin, lisäisivät kokonaisvaltaista laatutasoa.

Katapulttivalmistus on saanut aikaan myös erityisen vahvan ja laaja-alaisen pohjan valmistuksessa toimineiden henkilöiden valmiuksille ja työkokemukselle. Ainakin projektipäällikön osalta, valmistuskokemus ja tietämys usealla osa-alueella ovat kehittäneet osaamista kohti valmistuksen laaja-alaista ammattilaista. Kehittynyt tieto-taito laadun, suunnittelun, hankintatoimen, erilaisten osavalmistuksen, tuotannon ja tuotantotekniikoiden, valmistusrakenteiden ja materiaalien, hitsauksien, kokoonpanojen, pneumatiikka-, hydraulikka- ja sähkötöiden sekä valmistettavuuden osa-alueilla ovat saaneet aikaan erityisesti katapulttivalmistuksen erikoisosaajan. Toisaalta jokapäiväisten työasioiden toteuttaminen, projektien hallinnointi, henkilöstöhallinta, itsenäinen työskentely ja vastuunalainen asema ovat kartuttaneet runsaasti johtajakokemusta, josta on varmasti hyötyä tulevaisuudessa.

6. JATKOTOIMENPITEET

Jatkotoimenpiteet -osio sisältää kehitysideoita, joilla katapulttivalmistusta voidaan kehittää vieläkin laadukkaammaksi sekä tämän diplomityön merkeissä syntyviä jatkotoimenpide-ehdotuksia. Osiossa käsiteltävät asiakohdat eivät ole pieniä yksityiskohtaisia parannusajatuksia, vaan pääsääntöisesti suurempia kokonaisuuksia, jotka vaativat kehittämistä. Käsiteltäviä aihealueita ovat kohti jatkuvaa tuotantoa pyrkiminen, materiaalityödistysten hallinnan kehittäminen, muutoksien hallinta, valmistustuntien yksityiskohtaisempi selventäminen, valmistusohje, tuotannonohjausjärjestelmän hyödyntäminen sekä kehitetyn laatutason laajentaminen koko yrityksen toimintaan.

6.1. Jatkuva tuotanto

Valmistuksessa pitäisi pyrkiä kohti pienerätuotantoa! Katapultteja on valmistettu pääsääntöisesti yksittäiskappaleina, mutta osittain on päästy kokeilemaan sarjatuotantoa pienerävalmistusta. Pienerävalmistusmaiseen tuotantoon on päästy muutaman kerran korkeasuhdanteen ja päällekkäisten tilausten ansiosta. Yksittäistuotannosta pitäisikin päästä kohti sarjavalmistusmaista jatkuvaa tuotantoa. Katapulttivalmistuksessa odotellaan liian usein tilausta, kun optimitilanteessa tilauksista olisi jonoa.

Tuotannossa pitäisi päästä hyödyntämään jatkuvuuden tuomia etuja. Katapulttitoiminnan huippuaikoina tuotannossa päästiin osittain hyödyntämään jatkuvuuden tuomia etuja ja jonoakin syntyi. Nykyisellä valmistuskapasiteetillaan optimaalinen katapulttien vuosituotantotavoite perustuukin näihin valmistustietoihin.

Jatkuvan tuotannon edut olisivat moninaisia; osia voitaisiin valmistaa piensarjatuotannon tapaan kustannustehokkaasti, ilman suurempaa riskiä sekä valmistuksen eri vaiheet voitaisiin suunnitella kulkemaan lomittain mahdollisimman tehokkaasti. Näin syntyvässä päällekkäisvalmistuksessa tehtäisiin useita projekteja yhtä aikaa, jolloin eri valmistusvaiheet, lähinnä hitsaus, maalaus ja kokoonpano, eivät olisi niin sidoksissa toisiinsa.

Jatkuvan tuotannon edut näkyisivät tuotantoketjun kaikissa vaiheissa. Projektien hallinnan kannalta tuotannon tehostuminen toisi merkittäviä etuja valmistusaikataulujen selkiintymisen, toimitusvarmuuksien ja toimitusaikojen supistumisen suhteen. Kustannussäästöjä syntyisi valmistuksen tuomien määräetujen, tehokkaampien valmistusvaiheiden ja katkeamattoman työskentelyn kautta. Logistiikkasäästöt ja osatoimitusten kustannuslennukset olisivat myös merkittäviä.

Aihio- ja komponenttituotannossa kyettäisiin valmistamaan osia suuremmissa erissä ja varsinkin levyntyöstössä ja särmäyksessä suuremmat sarjakoot lisääisivät tuotantotehokkuutta. Myös hitsaustyönvaiheessa sarjatuotannon tuomia etuja voitaisiin hyödyntää. Suurempien määrien hitsaus on aina tehokkaampaa, joten vain yksittäisten tai pienien määrien hitsaamisen sijaan voitaisiin joitain kokoonpanoja hitsata järkevissä määrin sarjana varastoon ja näin ollen nopeuttaa kokonaistuotantoa. Sama pätee niin osavalmistukseen kuin osakokoonpanoonkin.

Valmistuksen hallittavuuden kannalta osat olisi suotavaa maalata yhdellä kertaa, mutta yksittäistuotannon rajoittaessa valmistusta maalauksia on tehtävä paloittain. Loppukokoonpano on kaikesta huolimatta järkevin tehdä yksittäistuotantona, mutta pienerä- tuotannon kautta loppukokoonpano olisi pääsääntöisesti katkeamatonta ja näin ollen myös tehokkaampaa. Aiemmin mainittujen hydraulikka- ja paineilmaosien mallinnuksien myötä, pienerätuotantoon siirryttäessä manuaalisen putkien taivutuksien sijaan olisi mahdollista harkita putkien automaattista taivutusta putkituskuvien perusteella.

6.2. Materiaalitodistusten hallinta

Katapulttivalmistuksessa käytetään joissain määrin erikoismateriaaleja, joista vaaditaan materiaalitodistuksia. Piirustuksiin on merkitty erikseen kappaleet, joista todistukset on löydettävä. Erikoismateriaaleja löytyy niin koneistusosista kuin leikeosistakin. Tietysti muidenkaan kappaleiden materiaalitodistukset eivät ole haitaksi. Käytännön tavaksi onkin muodostunut tapa pyytää materiaaleja ja kappaleita tilattaessa aina todistukset käytetyistä materiaaleista. Raaka-ainemateriaaleista ja paksuista leikkeistä todistukset on aina toimitettu ja toiminta on ollut moitteetonta. Erikoismateriaaleista leikattavien leikkeiden osalta, vaaditaan myös vetosauvat materiaalivarmuuden takaamiseksi. Vetosauvoja tilataan aina tilauksien yhteydessä ja sauvat varastoidaan projektikohtaisesti.

Koneistusosien kannalta materiaalitodistusten hallinta on elänyt toimittajien ja kehityksen mukana. Alkuaikoina materiaalitodistusten toimitusvarmuudet vaihtelivat ja tilanteen tasaannuttua sovittiin, että pääkoneistaja arkistoi todistukset omiin yrityskohtaisiin arkistoihinsa. Erään materiaaliöljytystapauksen seurauksena päädyttiin siihen, että todistukset toimitetaan tilauksien mukana tilaajalla. Koneistajan kanssa on sovittu, että materiaalitodistukset toimitetaan vain erikoismateriaalien osalta. Todistukset saapuvat yleensä läheteiden liitteinä ja ne arkistoidaan niiden oheen.

Materiaalitodistusten suhteen ongelman muodostaa niiden hallinta. Ensimmäiseksi selvennystä vaatii materiaalitodistushallinnan jatkokäsittely. Minkäänlaista jatko-ohjeistusta todistusten ja vetosauvojen suhteen ei ole olemassa tai vaatimuksia arkistointitasosta ja -tavasta. Vetosauvoja tai todistuksia ei ole asiakkaan suunnalta koskaan konkreettisesti pyydetty toimittamaan, joten tiedot ovat arkistoitu hyvin yksinkertaisesti valmistuspaperikansioihin. Toisaalta valmistuspaperikansioiden kuullessa kohdeyrityksen arkistoihin ja ilman järkevää kohdennustapaa todistusten ja vetosauvojen luovutus on hyödytöntä.

Toiseksi täytyisi muodostaa jonkinlainen yksinkertainen järjestelmä todistusten hallinnalle, kohdennuksille sekä viittauksille. Lähtökohtaisesti toimittajien todistusten hallinnan täytyisi olla vaaditulla tasolla. Todistukset täytyisi selkeästi kohdistaa tiettyyn kappaleeseen ja jotta kohdennuksen perusta olisi yksiselitteinen, jo alihankkijan tulisi parantaa tiettyyn kappaleeseen viittaamisen tapaa. Valmistuksen vastuulle jäisi tietojen kokoaminen sekä hallinnan systemisointi. Yksinkertainen ratkaisu olisi rakentaa lista materiaalitodistusta vaativista kappaleista sekä todistuksien järjestelmällinen nimeäminen ja näin ollen tarkka kohdentaminen tiettyyn osaan. Materiaalitodistuskohdennuksen voisi liittää myös suoraan valmistusluetteloihin, jolloin välttyttäisiin ylimääräisiltä listoilta.

Tällainen yksinkertainen materiaalitodistusten hallinta olisi suhteellisen helposti toteutettavissa nykyisilläkin resursseilla, mutta ongelmaksi muodostuu varastomateriaalien ja -kappaleiden todistusten hallinta. Varastoon kerääntyvien osien materiaalitodistusten hallinta ei ole yksinkertainen toteuttaa ja se tuottaisi kohtuuttomasti lisätyötä. Näiltä osin varastoinnin poistaminen olisi helppo ratkaisu, mutta epäkäytännöllinen. Valmiita kappaleita ei pyritä suurissa määrin varastoimaan mutta joitain osia varastoituu aina ja raaka-materiaalien osalta tilanne on ymmärrettävästi erilainen. Toisaalta todistusten järkevyyttä voisi myös miettiä. Jos osa valmistetaan erikoismateriaalista, joka ei kuitenkaan ole kriittinen toiminnan kannalta, tarvitaanko siitä lainkaan materiaalitodistusta?

6.3. Muutoksien hallinta

Kuten aiemmin on todettu, muutoksia valmistuspiirustusten ja kokoonpanojen suhteen on ollut erittäin paljon ja tulee olemaan jatkossakin. Muutoksia ja poikkeamia on kyettävä hallitsemaan ja tiedonsiirron asiakkaan ja valmistuksen välillä on oltava mutkaton. Jotta laite voidaan valmistaa aina uusimmilla kuvapäivityksillä ja näin ollen mahdollisimman korkealaatuisesti ilman lisätyötä ja -kustannuksia, valmistuksella on oltava aina käytössään uusimmat piirustukset ja tieto siitä, mihin kuviin on tullut muutoksia ja mitä pitää ottaa huomioon edelliseen valmistusprojektiin verrattuna.

Valmistusprojektin kehitysvaiheissa kuvamuutoksien käynnistäjänä ovat pääsääntöisesti olleet valmistuksen korjauskehotukset, parannuspyynnöt ja kehitysideat. Muutoksia on pyydetty niin puhelimitse, sähköpostilla, muistioilla ja muutostiedotteilla. Välittömästi muutoksia kaipaavat virheelliset tuotteet on pyritty aina korjaamaan pikaisesti. Muistioihin on pyritty tallentamaan tehtyjä päätöksiä ja samalla yksinkertaisesti muistuttamaan osapuolia muutoksista. Muistioita on kirjattu projektin alkuhetkistä lähtien ensin palaverimuistioina ja myöhemmin kaikista mahdollisista asioista.

Muutostiedotteet (Liite 8: Muutostiedotepohja) kehittyivät vähitellen muistioiden ohelle. Muutostiedotteisiin on kirjattu selkeästi suunnitellusta poikkeavat valmistustavat ja kappaleet. Vaikka muutoskäytäntö on selkeä askel kohti laadukkaampaa valmistusta, nykyään muistioiden ja muutosilmoitusten käyttö on loppunut lähes kokonaan. Käytännön olemattoman palautteen ja koetun hyödyn vuoksi valmistus koki lomakkeiden käytön turhaksi ja merkityksettömäksi. Toisaalta muutosilmoituksien vähentynyt tarve ja heikentynyt toiminnan taso on osaltaan johtanut käytön loppumiseen. Jos katapultitoiminta selkeästi piristyy, muistioiden ja poikkeamailmoitusten järjestelmällisempi ja järkevämpi käyttö on tarkoitus ottaa käyttöön uudelleen.

Muutospyynnöt eivät ole enää niin kriittisiä, vaan laitetta yleisesti kehittäviä kehitystoimenpiteitä. Näiden suhteen valmistukselle on kehittynyt tapa kerätä kehitysideoita talteen ja esittää ne asiakkaalle isommissa erissä aika ajoin toteutuvissa suunnittelukatselmuksissa. Valmistuksesta tulevat muutospyynnöt ovat lähinnä pienempiä kuvien muokkaustoimenpiteitä, kun taas asiakkaan suunnittelun muutokset koskevat yleensä laajempia kokonaisuuksia ja muuttavat laitetta oleellisesti.

Tällaiset muutokset käydään läpi katselmuksilla, mutta varsinkin pienemmät muutokset, jotka suunnittelu tekee suoraan, jäävät useammin valmistukselle informoimatta ja huomaamatta. Kun muutosideat ja tarpeet ovat tulleet valmistuksen puolelta, on myös muutoksien käyttöönotto ollut ymmärrettävästi varmempaa. Varsinaisen ongelman muutoksien hallinnassa tuottaakin juuri tämä muutoksista informointi ja niiden käyttöönotto asiakkaan ja valmistuksen välillä.

Asiakkaan suunnitteluosasto toteuttaa muutoksia tarpeen mukaan ja pyrkii toimittamaan päivitetyt tiedostot valmistukselle toteutettaviksi. Aikaisemmin kaikista päivityksistä on ilmoitettu sähköpostilla lähettämällä päivitetty kuva valmistukselle. Valmistuksen kannalta tämä oli erittäinkin toimiva käytäntö, koska käsiteltävä uusi materiaali saapui kohtuullisen pieninä erinä ja mitään ylimääräistä ei tarvinnut käsitellä. Kuitenkin ongelmiakin löytyi; kaikkiin muutostarpeisiin ei tullut vastetta, muutostarve oli sivuutettu/unohdettu tai päivityksiä unohdettiin lähettää. Myös sähköinen tiedonsiirto todettiin ongelmanaiheuttajaksi.

Edellä mainitut ongelmat ja järjestelmällisyyden puute aiheuttivatkin käytännöstä luopumisen. Asiakkaan sisäisen tiedostojen hallinnan kehittymisen kautta otettiin käyttöön muutos/päivityskatselmuksien ja piirustuspakettien käyttö. Kuvia ei enää lähetellä juurikaan yksittäin valmistukselle, vaan muutokset käydään läpi katselmuksissa ja aika ajoin olisi tarkoitus vastaanottaa koko laitteen ja oheistuotteiden piirustuspaketti DVD -levylle poltettuna.

Päivityspalavereissa muutokset käydään läpi ja muutoksien paperiversiot luovutetaan valmistukselle. Katselmuksien ja paperiversioiden perusteella olisi tarkoitus kaivaa muutokset kuvapaketesta ja ottaa ne käyttöön. Minkäänlaista erillistä listausta muutetuista ja lisätyistä piirustuksista ei ole olemassa. Vain tulosteet ja täydellisen osaluettelon revisiomuutokset kertovat päivityksen tapahtuneen. Teoriassa käytäntö vaikuttaa järkevältä ja toimivalta, mutta käytäntö on osoittanut muuta.

Inhimillisen erehdyksen ja unohduksen vaara on aivan yhtä suuri kuin aiemminkin, eivätkä kaikki muutokset välttämättä päädy katselmuksissa valmistuksen tietoon ja näin ollen piirustuspaketista on lähes mahdotonta kaivaa kaikki muuttuneet kuvat esille ja ottaa ne käyttöön. Kuvapaketin luovutuksessa on todettu myös ongelmia; ilman sähköisiä kuvia valmistus ei voi ottaa muutoksia käyttöön ja ajan kuluessa katselmuksien sisältö saattaa helposti unohtua. Toisaalta myös jo tapahtuneiden muutoksien lisämuutokset aiheuttavat ongelmaa.

Edellä mainittu muutosten hallinta käytäntö sellaisenaan ei ole kaikille osapuolille toimiva ja varsinkin valmistusta erittäin vahvasti rasittava. Joitain kehitystoimenpiteitä asiaan on saatava. Yksinkertainen kehitysaskel olisi kuvapäivityslistauksen kehittäminen. Suunnittelijan pitäisi kirjata muutettu piirustus kuvapäivitys-listaan, jonka avulla valmistus voisi paikantaa muutokset ja näin ollen saada kaikki muutokset käyttöön. Mutta miksei tällä tavoin toimiessa voitaisi kerätä vain muutetut kuvat koko kuvapaketin sijaan ja toimittaa ne valmistukseen? Myös tiedostojen tallentamista revisiomerkinällä voisi tässä tapauksessa harkita. Tällöin ainakin muutoksien löytäminen helpottuisi.

6.4. Valmistustuntien jaottelu

Katapulttivalmistuksen työtuntien kehitystä on käsitelty tulokset -osiossa ja kuten osiossa on todettu, kokonaisvalmistustuntien seuranta on ollut järjestelmällistä sekä olennainen osa valmistuksen kehittämisen seurannassa. Tuntiseurantaa on kuitenkin tapahtunut vain varsin yleisellä tasolla. Kerätty valmistustunti-informaatio jakaantuu aihio- ja komponenttituotantoon, hitsaukseen ja kokoonpanotyöhön. Seuranta koskee kuitenkin vain katapultin valmistusta eikä millään muotoa ota huomioon tai erittele katapultin sisäisiä, yksittäisiä kokonaisuuksia tai työmuotoja.

Tuntiseurantaa pitäisi kehittää kohti jaotellumpaa ja yksityiskohtaisempaa valmistustuntirakennetta. Jaoteltujen valmistustuntiselvityksien perusteella päästäisiin tarkemmin käsiksi itse valmistuskokonaisuuden koostumukseen ja tuntien jakautumiseen sekä saavutettua tietoa kyettäisiin hyödyntämään esimerkiksi mahdollisten osakokonaisuuksien tarjouslaskennassa. Valmistustuntien tarkemman seurannan puutteen syinä ovat olleet resurssien priorisointi valmistuksen muiden osa-alueiden kehittämiseen sekä toteutuneiden projektien vähyys.

Aihio- ja komponenttituotannon suhteen särmäystyötuntien ja työstökustannusten tarkempi selvittäminen tapahtuu suoraan tuntiseurantajärjestelmän työlaajijaottelun kautta. Tuntiseurantadataa on kertynyt näiltä osin jo kaikkien katapulttien valmistuksesta mutta informaatio on vaihtelevaa tapahtuneiden muutosten, epätarkkojen tuntikirjauksien sekä sarjakooista saavutettavien tuotannollisten hyötyjen tavoittelemisen vuoksi. Tuntiseurannan keskiarvo antaa hyvin suuntaa-antavia tuloksia mutta silti tarkempi informaatio olisi suotavaa.

Varsinaisessa katapultin valmistuksessa nykyinen tuntiseurantajärjestelmä erittelee vain hitsauksen ja kokoonpanon. Hitsauksen osalta trailerin hitsaustunteja on jo selvitelty, mutta mitään tarkempaa seurantaa tai kirjanpitoa ei tästäkään ole olemassa. Loput hitsaustyötunnit ovat yhtenä kokonaisuutena käsittäen kaiken lopun, yksittäisistä hitsausajoista on olemassa vain kokemuksen kautta saavutettuja arvioita.

Työtuntiselvityksen voisi helposti toteuttaa suurempien kokonaisuuksien kuten ramppien ja alumiiniosien hitsauksien suhteen. Kokoonpano- ja asennustöiden suhteen eri kokonaisuuksien tuntikertymät ovat myös vain suuntaa-antavia arvioita. Osuudesta ei ole minkäänlaista jaoteltua valmistustuntien seurantaa ja jopa osavalmistukseen liittyvän sahaustyön tunnit ovat erittelemättä. Muita selkeitä selvitys- ja seurantakohteita voisi olla osavalmistelu, ramppikokoonpano, voimalaitekokoonpano sekä loppukokoonpano.

6.5. Valmistusohje

Diplomityön toissijaiseksi tavoitteeksi oli asetettu katapultin valmistusohjeen kokoaminen. Varsinaista fyysistä ohjepakettia ei työn tuloksena syntynyt, vaan itse työ toimii eräänlaisena valmistuksen ohjeistuksena/ohjenuorana. Diplomityö antaa varsin selkeän kuvan valmistuksen vaiheista ja ydinprosesseista. Vaikka katapultin valmistaminen vaatiikin huomattavasti enemmän kuin tämän opinnäytteen ymmärtämisen, valmistuslistojen ja työntekijöiden valmistustietämyksen avustuksella itse katapultin pitäisi pystyä valmistamaan ongelmitta. Oheistoiminnot ja katapulttiyhteistyön kokonaishallinta vaativat sen sijaan paljon enemmän.

Varsinaisen valmistuspäällikön valmistusohjeen kokoaminen jää jatkotoimenpiteeksi, jos sitä ylipäättänsä edes tarvitaan. Muutamia ohjeistuksia tärkeistä valmistusvaiheista on vielä tekemättä tai keskeneräisinä, mutta niihin pyritään saamaan korjauksia sopivan ajan koittaessa. Tarvittaessa karkea, yksinkertaistettu ohje syntyy helposti ja nopeasti vain yhdistämällä valmistusluettelot ja valmistusohjeet yhtenäiseksi manuaaliksi. Tällainen manuaali olisi valmistuspäällikölle suunnattu ohje katapulttivalmistuksen vaiheista, yksityiskohtainen ja tarkka ohjekirja ei missään vaiheessa ole ollut tavoitteena.

Valmistusohjekirja vaatisi huomattavan määrän työtunteja sekä huomattavasti enemmän ”lattiatason” tietämystä valmistuskokonaisuudesta. Tarkemman tason valmistusohjeen tekemistä on mietitty esimerkiksi insinöörityönä. Yksi katapulttiasentajista olisikin insinööritason lopputyötä vailla ja valmistusohjeen rakentaminen voisi olla yksi mahdollisuus.

6.6. Tuotannonohjausjärjestelmän hyödyntäminen

Nokian Npt Oy siirtyi pari vuotta sitten käyttämään uutta tuotannonohjausjärjestelmää, Navision - Microsoft Business Solutions. Yrityksessä eletään vieläkin siirtymävaihetta, jossa tuotannonohjausjärjestelmää ajetaan hiljalleen käyttöön. Microsoft Business Solutions - Navision on keskisuurille yrityksille suunnattu liiketoiminnanohjausratkaisu, joka koostuu useista halutuista moduuleista. Mahdollisia moduuleja ovat taloushallinto, tuotanto, toimitusketju, asiakaskäsittely sekä e-kauppa.

Nokian Npt Oy:n järjestelmä koostuu pääkomponenteista, joita ovat taloushallinto, tuotanto ja toimitusketjun hallinta. Työajanseuranta ja viivakoodijärjestelmä ovat erityisesti kohdeyritykselle räätälöity lisäominaisuus. Kuten kuvasta 6.1. näkee, Microsoftin muista ohjelmistoista perinteisen näkymän ja näin ollen myös tutun ympäristön omaksuminen sekä järjestelmän helppokäyttöisyys, puolsivat Navision - järjestelmän valintaa. (Emce Solution Partner Oy)



Kuva 6.1. Microsoft Business Solutions -Navision

Perustoiminnot ja taloushallinto hoidetaan nykypäivänä täysin Navisionin kautta mutta käyttämätöntä resurssia ohjelmistossa on runsaasti. Tilauksen saavuttua, järjestelmään aukaistaan uusi työ, minkä seurauksena saadaan ohjelmasta tulostettua ulos työmääräin ja tilausvahvistus. Viivakoodijärjestelmällä kohdistetaan tehdyt työt työmääräimelle ja työn valmistuttua kuitataan toimitus tehdyksi ja tulostetaan lähete. Tehdyt työt työtunteineen kertyvät tuntiseurantaan ja kustannuslaskenta hoituu yksinkertaisesti. Järjestelmä ottaa huomioon kuitenkin vain tehdyt työtunnit, muut kustannukset täytyy kohdentaa manuaalisesti ohjelman ulkopuolella.

Toimitusketjun hallinnan osalta joissain yrityksen projekteissa on käytössä materiaalitilaukset järjestelmän kautta ja näiden tilausten kohdistaminen tiettyyn asiakkaaseen tai työhön. Tilaushallintaa voisi ottaa käyttöön laajemmin, minkä seurauksena kustannusten kohdennus, varastonhallinta ja varastokirjanpito kehittyisivät. Myös kustannusten hallinta, niin ostoissa kuin myynneissäkin, vaatisi kehittämistä. Tuotannon puolella järjestelmää voisi olla mahdollista hyödyntää monipuolisemmin.

Katapulttivalmistusta kehittäviä ominaisuuksia voisi olla projektinhallinta, sisältäen tuotannonohjauksen, aikataulut, materiaalihallinnan sekä tuotantotilaukset. Tuotantokulujen seuranta on jo toiminnassa järjestelmän kautta, mutta se vaatisi vielä hienosäätöä. Katapulttivalmistusprojekti on kuitenkin monimutkainen kokonaisuus ja järjestelmän järkevä ja perusteellisempi käyttö vaatisi suurempia tuotantomääriä ja järjestelmällisempää resurssien käyttöä sekä tarkempaa ohjelmistoon perehtymistä.

6.7. Laadun laajennus koko yrityksen toimintaan

Tässä diplomityössä on perehdytty katapultin valmistuksen kehittämiseen erityisesti laadun parantamisen kannalta. Laitteen vaatimuksien ja ominaisuuksien vuoksi, katapultin valmistuslaatu käytäntöjen ja hallinnan osalta on suhteellisen korkealla tasolla. Kehitystyö ja laatuun perehtyminen antavat hyvän pohjan laatuajattelun jatkamiselle ja laadun kehittämiseksi koko yrityksen toiminnassa. Mahdollinen tulevaisuuden jatkosuunnitelma allekirjoittaneen osalta onkin yrityksen laatukäsikirjan päivittäminen. Puhtaasta valmistustyöstä siirtyminen osa-aikaiseen diplomityön tekemiseen sekä täten paneutuminen tekniseen kirjoittamiseen ja ajattelutapaan helpottavat osaltaan laatuprojektiin ryhtymistä.

Laatupäivitystyö ei tarkoita vain käsikirjan yksinkertaista tekstiversioiden päivittämistä ja muokkaamista nykyisiä käytäntöjä vastaaviksi, vaan käytännössä koko laadunhallintajärjestelmän uudelleen käyttöönottoa. Yrityksen tuottama tuotteiden laatu on hyvällä tasolla ja pohjana toimivat asiakkaiden laatuvaatimukset. Mutta itse laatutoiminta ei täytä vaatimuksia kaikilta osin. Ongelma onkin kokonaisvaltaisessa laatuajattelussa. Laatuajattelun mukainen toiminta vaatii paljon muutoksia ja asiaan tarkemmin paneutumista. Laatuprojektiin ryhtyminen on iso haaste ja vaatii paljon työtä sekä aikaa päämäärän saavuttamiseksi.

7. YHTEENVETO

Tämän diplomityön aiheena ja tarkoituksena on ollut kehittää UAV-laukaisualustan valmistamista. Valmistusprojektien johtaminen, hallinnointi ja kehittäminen ovat olleet jokapäiväistä palkkatyötä, kehittämistyön raportointi sen sijaan varsinaista diplomityötä. Diplomityöprojektin erilaisen luonteen vuoksi myös koko työtulos eroaa tyypillisestä opinnäytteestä. Kehitystyö on ollut pitkäaikainen projekti, jossa on edetty jatkuvan kehittämisen keinoin. Tässä työssä pyrittiinkin selventämään toteutuneita kehitysaskelia ja niiden tuloksia.

Valmistusprojektin ongelmat ovat olleet moninaisia ja esiintyneisiin ongelmiin haettiin ratkaisuja pääasiassa suunnittelun, kokeilun ja järjestelmällisyyden kautta laajan kirjallisen materiaalin tukiessa ratkaisumalleja. Työn aloitusvaiheessa tiedettiin, että työkokonaisuus on erittäin laaja-alainen mutta suurempia aiherajauksia ei kuitenkaan haluttu toteuttaa. Oleellisinta oli ilmaista, että nykyiseen valmistuslopputulokseen pääseminen on ollut usean tekijän yhteistulosta.

Kuten tuloksista voi todeta, UAV-laukaisualustan valmistuksen laatu on kehittynyt huomattavasti. Konkreettiset tulokset kertovat suoranaista vaikutuksista omat kannanottonsa. Tuloksia ei pidä missään tapauksessa ymmärtää väärin, ne ovat kuitenkin, ilman syvempää asiantuntemusta, vain lukuja, joihin vaikuttavat erittäin moninaiset tekijät. Todelliset tulokset ilmenevät parhaiten vain kokemuksen kautta. Eteneminen kaoottisesta rakentamisesta hallittuun valmistuskokonaisuuteen kuvaa ytimekkäästi kokonaiskehitystä.

Kehitystyön laaja-alaisuus on tuonut kokemusta usealta aihealueelta ja useat käytännölliset mallit olisi helposti laajennettavissa yleisempiin käytäntöihin. Koska katapultin kuitenkin on erikoistuote, varsinaista tulosten soveltuvuuden tasoa muihin valmistusprojekteihin on hankala arvioida. Tulevaisuudessa riittää vielä haasteita itse valmistusprojektin kehittämisessä sekä muissa osa-alueissa. Toivottavasti taistelua saadaan vielä jatkaa ja edistää kokonaisvaltaista katapultitoimintaa!

LÄHTEET

Emce Solution Partner Oy. Liiketoiminnan työkalut, Microsoft Dynamics NAV [WWW]. [viitattu 17.11.2010]. Saatavissa: <http://www.emce.fi/www/page/microsoft-dynamics-nav>.

Euroopan työterveys ja työturvallisuusvirasto, OSHA. Työympäristö, Järjestys ja siisteys [WWW]. [viitattu 4.1.2010]. Saatavissa: http://osha.europa.eu/fop/finland/fi/pk/jarjestys_ja_siisteys.html/view?searchterm=tutta va.

Hopp W.J., Spearman M.L. 2000. Factory Physics –Foundations of Manufacturing Management. Second edition. New York, Irwin/McGraw-Hill. 698 s.

HCi-Consulting. PDCA cycle. [WWW]. [viitattu 19.2.2010]. Saatavissa: <http://www.hci.com.au/hcsite2/toolkit/pdcacycl.htm>.

International Organization for Standardization. ISO 9001, Quality management principles, Principle 6: Continual improvement [WWW]. [viitattu 5.1.2010]. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/management_standards/iso_9000_iso_14000/qmp/qmp-6.htm.

Lapinleimu I. 2000. Ideaalitehdas –tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. 2. painos. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos, Laitosraportti nro.50. 197 s.

Lecklin O. 1999. Laatu yrityksen menestystekijänä. 3. uudistettu painos. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy. 464 s.

Nokian Npt Oy. Yrityksen kotisivut [WWW]. [viitattu 1.10.2009]. Saatavissa: <http://www.npt.fi/>.

Robonic Ltd Oy. Yrityksen kotisivut [WWW]. [viitattu 9.10.2009]. Saatavissa: <http://www.robonic.fi/>.

Slack N., Chambers S., Johnston R. 2001. Operations Management. Third Edition. Essex, Pearson Education Limited. 765 s.

Suomen Standardisoimisliitto, SFS. ISO 9000, Laadunhallintajärjestelmän luominen [WWW]. [viitattu 16.1.2010]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/iso9000/laadunhallinta/>.

Sääksvuori A., Immonen A. 2002. Tuotetiedonhallinta PDM. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy. 201 s.

Theresa Phillips, About.com Guide. Biotech/Biomedical, Top 10 Reasons to Get ISO 9001:2000 QMS [WWW]. [viitattu 5.3.2010]. Saatavissa: <http://biotech.about.com/od/isocertification/tp/ISOQMS.htm>.

TPF Europe B.V., 5S: Workplace organisation and standardisation [WWW]. [viitattu 4.1.2010]. Saatavissa: <http://www.5ssystem.info/>.

Työterveyslaitos, TTL. TUTTAVA [WWW]. [viitattu 4.1.2010]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Palvelut/Lisatietoa+palveluista/Tyoturvallisuus/Tuttava/default.htm>.

LIITE 1: LEIKEOSIEN VALMISTUSLUETTELOESI-MERKKI

ROBONIC		Leikheet/ruostumaton		S=5															
Supplier	Drawing	Description	Part name	Weight	Material	Pcs	Spare	Ready	mikä?	mlhin?	mitä?	kpl/€	Yhteensä/€						
		AISI 304, S=5mm:	Suora																
Npt	P	B Plate 5x180x185	Ear	??	AISI 304	2		2	tittivarsi	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x240x540	Plate	??	AISI 304	1	-		hydrauliiohkoteline	-	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x55x260	Plate	??	AISI 304	2	-		moottorikannake	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x52,5x100	Plate	??	AISI 304	2	-		köysikelkka	-	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x7x365	Side plate	??	AISI 304	1	-		köydenkristyssysteemi	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	B Plate 5x193x293	Support plate	??	AISI 304	4	-		takaramppi	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x289x1480	Support plate 2	??	AISI 304	2	-		keskiramppi	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x289x1270	Support plate 1	??	AISI 304	2	-		keskiramppi	hitsaus	m6(4/0kpl)	-	-						
Npt	P	- Plate 5x55x90	Plate	??	AISI 304	4	-		tappikorva	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x142,5x316	Support	??	AISI 304	1	-		kultasyinterialusta	-	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x100x135	Support	??	AISI 304	1	-		rajakytkinteline	-	m5	-	-						
Npt	P	- Plate 5x45x115	Plate	??	AISI 304	1	-		stauff60pääilevy	-	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x50x160	Support plate	??	AISI 304	1	-		ilmansuodatinkannake	-	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x50x75	Plate	??	AISI 304	1	2		vajeriohjain	-	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x30x61	Plate	??	AISI 304	4	4		vajeriohjain	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x97x157	Plate	??	AISI 304	2	2		titti	hitsaus	työstö	-	-						
Npt	P	- Plate 5x45x90	Plate	??	AISI 304	2	2		titti	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x109,5x150	Ear plate	??	AISI 304	2	-		tittikorvake	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x130x140	Support plate 1	??	AISI 304	10	-		synterivarsisuoja	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x63x200	Support plate 2	??	AISI 304	10	-		synterivarsisuoja	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x40x40	Plate	??	AISI 304	2	2		jerryteline	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x60x118	Plate	??	AISI 304	2	-		tittivarsi	hitsaus	-	-	-						
Npt	P	- Plate 5x82,5x95	Plate	??	AISI 304	4	8		köydenohjain	-	-	-	-						
Npt	P	A Plate 5x050	Plate 050	??	AISI 304	4	+		aluslaatta	-	-	-	-						
		AISI 304, S=5mm:	Kantti																
Npt	P	- Plate 5x90x155	L-profile 2	??	AISI 304	2	-		moottorijalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x90x155	L-profile 1	??	AISI 304	2	-		moottorijalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	B Plate 5x50x116	L-profile 4	??	AISI 304	1	-		moottorijalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	B Plate 5x50x116	L-profile 3	??	AISI 304	1	-		moottorijalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x320x696	Front mount	??	AISI 304	1	-		takajalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x240x556	Rear mount	??	AISI 304	1	-		takajalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x200x820	Rail 1	??	AISI 304	1	-		köydenkristyskouru	-	kantti	-	-						
Npt	P	C Plate 5x200x820	Rail	??	AISI 304	1	-		köydenkristyskouru	-	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x106x250	Support	??	AISI 304	10	-		köysikelkajohde	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	D Plate 5x174x2250	Support profile 2	??	AISI 304	1	-		takaramppi	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	E Plate 5x174x2250	Support profile 1	??	AISI 304	1	-		takaramppi	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x302x400	Plate	??	AISI 304	1	-		takajalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x302x452	Plate	??	AISI 304	1	-		takajalka	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Flat bar 5x40, L=471	Panda shelf (Ø272)	??	AISI 304	8	-		painepullokannake	1/2hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x54x135	Plate	??	AISI 304	1	-		köydenkristyssysteemi	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x100x244	Plate	??	AISI 304	2	-		rampplukitus	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	B Plate 5x80x125	Support (Ø194)	??	AISI 304	2	-		jarrusylinterikannake	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x50x338	Panda (Ø194)	??	AISI 304	2	-		jarrusylinterikannake	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x90x200	Rail clamp, left	??	AISI 304	1	1		lähtölukkoteline	-	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x90x200	Rail clamp, right	??	AISI 304	1	1		lähtölukkoteline	-	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x70x165	Support plate	??	AISI 304	2	?		rajakytkinteline	-	kantti	-	-						
Npt	P	C Flat bar 5x55, L=180	Ear	??	AISI 304	2	1		tittilukitus	-	kantti	-	-						
Npt	P	A1 Plate 5x775x1695	Driver plate, right	??	AISI 304	1	-		synterivarsisuoja	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x775x1695	Driver plate, left	??	AISI 304	1	-		synterivarsisuoja	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	E Plate 5x40x1025	U-profil	??	AISI 304	1	1		jerryteline	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x40x887	U-profil	??	AISI 304	1	1		jerryteline	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x40x543	L-profil	??	AISI 304	1	1		jerryteline	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x211x1200	C-beam 2, L=1200	??	AISI 304	2	-		moottorialusta	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	A Plate 5x150x310	L-profile, L=310	??	AISI 304	2	-		moottorialusta	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x30x158	Plate	??	AISI 304	2	2		lukituskahva	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x50x306	ASP1318	??	AISI 304	2	2		rostakiinnike	-	kantti	-	-						
Npt	P	B Plate 5x	Handle	??	AISI 304	3	-		köystappi	-	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x100x108	L-support	??	AISI 304	2	2		rampplikannake	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x45x122	Plate	??	AISI 304	2	2		rampplikannake	hitsaus	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x30x249	Plate	??	AISI 304	2	2		ramppituki	-	kantti	-	-						
Npt	P	- Plate 5x100x190	Heightening	??	AISI 304	2	2		äärivalojen levennys	TARVITTAESSA!	kantti	-	-						
		Levykoko:	5x1500x3000		Levytarve:	?						-	-						

LIITE 2: AJOLISTAMALLI

(ASIAKAS)						
(materiaali)						
(paksuus)						
(työmääräin)						
PIIRUSTUSNR0	MÄÄRÄ	UUSI/PÄIV.	AJOPVM	YLIMÄÄRÄISET	VASTAANOT.	OSAKUVAUS
Suora:						
piirustus1_A	50					katapulttiosa
piirustus2_D	40	X				katapulttiosa
piirustus3	5					katapulttiosa
piirustus4_B	1	X				katapulttiosa
lasermerkintä: piirustus1_A_suora						
Kantti:						
piirustus5_A	10					katapulttiosa
piirustus6	5	X				katapulttiosa
piirustus7	5	X				katapulttiosa
piirustus8_D	2					katapulttiosa
lasermerkintä: piirustus5_C_kantti						


LIITE 3: KONEISTUSOSIEN VALMISTUSLUETTELO-ESIMERKKI

ROBONIC		Koneistusosat								Projekti			Tilauksmäärät		p. 1/1
Supplier	Drawing	Description	Part Name	Material	Pcs	Spare	Ready	mihin?	mikä?	mitä?	kpl/€	Yhteensä/€	norm.hinta	määräedut	Huom!
		Hitsattavat/kiireiset:													
Wegera	P_____	B O-bar Ø45x3	Shaft	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	2			trailer-rampit	liitostappi	hitsaus	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø50, L=30	Bush	AISI 316	1			tittit-rampit	korvakaloholkit	hitsaus	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B O-bar Ø125, L=72	Damper frame	AISI 316	1			jarrusylinterit	päätyruppi	hitsaus	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø45, L=290	Bush	AISI 316	2			takajalka	akseli	hitsaus	-	-	-	4kpl-->7€	
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø40, L=30	Muff	EN AW 6063-T6	5			säiliöt	muffi	hitsaus	-	-	-		
Wegera	P_____	B O-bar Ø230, L=32	V-belt wheel, Ø224	EN AW 6062-T6	1			moottori-kytkin	kilahhnapyörä	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B Plate 40x40x80	Conn. Block R3/B-R1/4	EN AW 7075-T651	3			paine-ilma	jakotukki	-	-	-	-		material certificate!
Wegera	P_____	- O-bar Ø50, L=19	Bush	S355K2G3	1			moottori-kytkin	välitukki	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø60, L=24	Bush	S355K2G3	2			trailer-aisa	pulttitukki	hitsaus	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B Plate 40x260x315	Lever lock	EN AW 7075-T651	1			lähtöluukko	vipuluukko	koneistus	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	B O-bar Ø50, L=62	Shaft	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	1			lähtöluukko	vipuluukko	koneistus	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø50, L=55,5	Bush	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	1			lähtöluukko	vipuluukko	koneistus	-	-	-		material certificate!
		Pääkoneistusosat:													
Lehti-Group	P_____	- Round bar Ø65, L=223	Shaft journal	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	2			keskirampit	pyöräakseli	-	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	C O-bar Ø30, L=70	Shaft Ø30	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	2			lähtöluukko	sylinteritappi	hitsaus	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	C O-bar Ø35, L=72	Shaft Ø30	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	1			lähtöluukko	nielutappi	-	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	C O-bar Ø35, L=89	Shaft journal	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	1			lähtöluukko	pyöräakseli	-	-	-	-		material certificate!
Wegera	P_____	A O-bar Ø45, L=203	Shaft	EN X20Cr13, W. Nr. 1.4021	1			lähtöluukko	vipuluukkoakseli	-	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	A Round bar Ø80, L=80	Male stud connector	Duplex EN 10272 1.4462	2	UUSII		paine-ilma	lähtöputti	-	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø50, L=12	Bush	AISI 316	4			titti	sylinteritappi	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø35, L=10	Bush	AISI 316	2			titti	sylinteritappi	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø55, L=10	Bush	AISI 304	6	1		-	akselilappi	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- Plate 40x230x230	Bearing housing	AISI 316	2			etukäysäpyörä	laakeripesä	-	-	-	-	4kpl-->7€	
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø22, L=98	Shaft	AISI 316	4			sivupyöräline	pyöräakseli	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø55, L=46	Bush 2	AISI 304	1			lähtöluukko	akselipääty	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø55, L=62	Bush 1	AISI 304	1			lähtöluukko	akselipääty	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø110, L=26	Bush	AISI 316	1			käyskelikka	välitukki	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø75, L=10	Bush 70/40	AISI 316	4			trailer	liitosholkit	hitsaus	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	C O-bar Ø20, L=163	Shaft	AISI 316	1			lähtöluukko	nuppiakseli	maalauk	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B Round bar Ø110, L=40	Bush	AISI 316	5			käyskelikka	välitukki	maalauk	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø130, S=20	Flange	AISI 316	2			käyskelikka	akselipääty	maalauk	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø35, L=65	Driver shaft	AISI 316	2			palautusajinteri	ohjaintappi	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø110, L=32	Bush	AISI 316	1			jarrusylinteri	parantoholkit	maalauk	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø22, L=290	Shaft	AISI 316	2			käyskelikkajärjestelmä	akseli	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø30x9, L=305	Shaft Ø30x9	AISI 304	2			takajalka	akseli	-	-	-	-	4kpl-->7€	
Lehti-Group	P_____	- O-bar Ø45, L=23	Bush Ø45	AISI 316	4			takajalka	holkit	maalauk	-	-	-	8kpl-->7€	
Wegera	P_____	B Round bar Ø45-84	Bush	EN AW 6062-T6	2			kelikka	akseli	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B Round bar Ø40-7	Bush	EN AW 6063-T6	12	12		kelikka	pyöräprika	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- O-tanko Ø50, L=227	Roll Ø49	EN AW 6062-T6	2			käyskelikkajärjestelmä	rolla	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A Plate 25x32x70	Plate 25x32x70	EN AW 7075-T651	2			kelikka	nielutukki	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	- Round bar Ø40-70	Round bar Ø40-70	EN AW 7075-T651	2			kelikka	akseli	-	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	B Round bar Ø280 L=33	Rope wheel Ø280	EN AW 7075-T651	18			käyskelikkajärjestelmä	pyörä	laakerointi	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	C Plate 40x200x200	Rope wheel Ø220	EN AW 7075-T651	1			käyskelikkajärjestelmä	kiristyspyörä	laakerointi	-	-	-		material certificate!
		Kokoonpanokoneistus													
Lehti-Group	P_____	B Pulley system frame	Ø170H7 + M10, ulkopinto	hitsattu aihio toimitetaan	1			eturampit	etupyöräline	maalauk	-	-	-		
Lehti-Group	P_____	A Lever lock + shaft, assy	Ø40 H7 + Ø34 H7	kokoonpanu aihio toimitetaan	1			lähtöluukko	vipuluukko	maalauk	-	-	-		
Aarporus	P_____	C Cylinder support 1, assy	Ø50 H7 light	kokoonpanu aihio toimitetaan	2			keskirampit	pääty	hitsaus	-	-	-		
		Kumittettavat:													
Lehti-Group	P_____	A O-tanko Ø55, L=47	Side roll	EN AW 6062-T6	4			sivupyöräline	pyörä	-	-	-	-		material certificate!
Lehti-Group	P_____	A O-bar Ø100, L=45	Roll	EN AW 6062-T6	8			sivupyöräline	pyörä	-	-	-	-		material certificate!
		Kumitus:													
Korja-Kumi	P_____	- Polyurethane coating	Side roll+coating	95%Sh, -35°C-70°C, Olymkest.	4			käyskelikka	pyörä	laakerointi	-	-	-		
Korja-Kumi	P_____	- Polyurethane coating	Roll Ø100, assy	95%Sh, -35°C-70°C, Olymkest.	8			käyskelikka	pyörä	laakerointi	-	-	-		
		Yksikertaiset:													
Npt	P_____	- O-bar Ø50, L=20	Roll Ø48	POM	5	5		jarrusajinteri	rolla	-	-	-	-		
Npt	P_____	- O-bar Ø25 L=6	Bush	AISI 316	4	2		käyskelikkajärjestelmä	välitukki	-	-	-	-		
Npt	P_____	- O-bar Ø20 L=240	Bar	AISI 316	4			käyskelikka	tukitanko	maalauk	-	-	-		
Npt	P_____	B O-bar Ø20, L=168	O-bar	AISI 316	2	6		etu- ja takarampit	käyskelikkajärjestelmä	maalauk	-	-	-		
Npt	P_____	- O-tube Ø12x8, L=50	O-tube, L=50	AISI 316	4	8		voimalaiteteknologia	saranatukki	hitsaus	-	-	-		
Npt	P_____	- Pipe Ø23x1,5, L=7	Bush Ø23	AISI 316	8	8		käyskelikkajärjestelmä	pyöräholkit	-	-	-	-		
												0			


LIITE 4: TYÖSTÖLISTAESIMERKKI

ROBONIC		Työstö													
Mistä?	Drawing		Part name	Description	Material	Pcs	Spare	Ready		mitä?	kpl/€	Yhteensä/€			
Ht-Laser	P_____	D	Plate 15x375x505	Plate	AISI 316	2		ok		Ø55H8(1kpl), Ø10(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	D	Plate 15x410x531	Hinge plate, upper	AISI 316	2		ok		Ø55H8(1kpl), M10(8kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	-	Plate 15x40x50	Scrap	AISI 316	4		ok		M20(1kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate 15x60x145	Plate	AISI 316	1		ok		M12(1kpl), Ø13(2kpl)	-	-			
Sahaus	P_____	-	Plate 15x25x100	Plate	AISI 316	2		ok		M10(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	-	Plate 8x40x105	Support arms	EN AW 7075-T651	4		ok		Ø20H8(1kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate 8x190x1462	Base plate/norm	EN AW 7075-T651	2/0		ok		Ø40H8(4kpl), Ø32H7(1kpl), Ø20H13(2kpl), Ø15H13(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate 8x190x1962	Base plate/sagem	EN AW 7075-T651	0/2				Ø40H8(4kpl), Ø32H7(1kpl), Ø20H13(2kpl), Ø15H13(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	-	Plate 8x85x220	Bogie plate	EN AW 7075-T651	2		ok		Ø40H9(1kpl), Ø20H8(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate 8x145x190	Bogie plate, front	EN AW 7075-T651	2		ok		Ø40H9(1kpl), Ø20H8(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate S=10, Ø100	Collar flange	EN-AW 6082-T6	1		ok		M6(12kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	A	Plate 10x200x380	Plate	EN-AW 6082-T6	2		ok		Ø50H7(1kpl), Ø45H7(1kpl), M10(8kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	-	Plate 10x210x620	Plate	EN AW 7075-T651	4		ok		Ø90H7(1kpl), Ø50H7(2kpl)	-	-			
Ht-Laser	P_____	C	Plate 10x100x315	Lever	EN AW 7075-T651	2		ok		Ø55H7(1kpl), Ø34H7(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	O-bar Ø85, L=10	Bushing Ø85/70.5, L=9.5	AISI 304	1		ok		S=9.5	-	-			
Npt	P_____	A	Plate 10x280x595	Hinge plate	AISI 304	2		ok		Ø40H7(1kpl), Ø16H8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	A	Plate 10x280x595	Hinge plate	AISI 304	2		ok		Ø40H7(1kpl), M10(4kpl), M8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	A	Plate 10x280x595	Hinge plate	AISI 304	2		ok		Ø40H7(1kpl), Ø16H8(1kpl), M8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	Plate 10x280x595	Hinge plate	AISI 304	2		ok		Ø40H7(1kpl), Ø16H8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	Plate 10x60x78	Plate	AISI 304	8		ok		Ø24/L=4(1kpl), R95	-	-			
Npt	P_____	-	Plate 15x100x100	Plate	S355K2G3	2		?		M10(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	Plate 15x225x380	Ear plate	S355K2G3	4		?		Ø30H7(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	A	Kokoanpona	Lauch lock frame	Duplex EN 1.4462	1		ok		Ø50H8(1kpl), Ø30H8(1kpl), Ø30H7(1kpl), Ø28H7(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	B	Kyödenkiristys	Ear frame (back), assy	AISI 304	1	7€			Ø45H7(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	B	Tilittivarsi	Frame 2, assembly	AISI 304	1		ok		Ø45H8(1kpl), Ø30H8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	Tilittirunkoveiyt	Frame 5x97x157	AISI 304	2		ok		Ø45H8(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	Takajalka, takateline	Rear mount, assy	AISI 304	1		ok		Ø30H13(1kpl, läpi)	-	-			
Npt	P_____	-	Takajalka, etuteline	Front mount, assy	AISI 304	1		ok		Ø30H13(1kpl, läpi)	-	-			
Laakeri	P_____	-	Liukulaakeri SBT	50x55x20 --> 50x55x12	korkeutta pois 8mm	2		ok		S=12	-	-			
Npt	P_____	A	Rubber plate	Rubber plate 40x294x444	Rubber	1		ok		Ø30/L=20(10kpl), viiste	-	-			
Npt	P_____	A	O-bar	Ø45, L=160	POM	2		ok		Ø12.5(1kpl)	-	-			
Npt	P_____	-	O-bar	Ø45, L=217	POM	1		ok		Ø12.5(1kpl)	-	-			
Sahaus	P_____	A	Rail Support	L-profile 130x65x10, L=100	sisäkulman pyörästys pois	42		ok		sisäkulma, Ø13(2kpl), Ø11(2kpl)	-	-			
Sahaus	P_____	-	Rail Support	L-profile 130x65x10, L=165	sisäkulman pyörästys pois	4		ok		sisäkulma, Ø13(2kpl), Ø11(4kpl)	-	-			
Sahaus	P_____	-	Rail Support	L-profile 130x65x10, L=165	sisäkulman pyörästys pois	4		ok		sisäkulma, Ø13(2kpl), Ø11(4kpl)	-	-			

LIITE 5: HITSAUSLISTAESIMERKKI

		Hitsausosat	Jatkotoimenpiteet	Paint	Material	Pcs	Projekti	Ylimääräiset
Drawing	Part name						tehty	
		Rampit:						
		Keskiramppi:						
P	E	Keskiramppi		projekti	AISI 304	1	x	
P	C	Keskiramppi päädyt ks.hitsausohje!	Kiireosa! -->koneistus (Aarporaus)	projekti	AISI 304	2	x	
		Takaramppi:						
P	F	Takaramppi ks.hitsausohje!		projekti	AISI 304	1	x	
		Eturamppi:						
P	D	Eturamppi ks.hitsausohje!		projekti	AISI 304	1	x	
		Ramppikokonaisuus:						
-	-	Ramppisaranoiden säätö! ks.hitsausohje!	Tarkastuspöytäkirja!	-	-	1	x	
		Ruostumaton:						
		Ramppiosia:						
P	-	Sylinterivarsisuoja, vasen	-	projekti	AISI 304	1		
P	-	Sylinterivarsisuoja, oikea	-	projekti	AISI 304	1		
P	-	Rampin kannake/kuljetustuki	kokeile ramppiin!	projekti	AISI 304	2	x	
P	-	Kuljetustuen vasta/lukkolevy	-	projekti	AISI 304	2	x	
P	A	Köysipyöräkelkajohde	hitsausohje!	projekti	AISI 304	2	x	
		Köysilukot:						
P	A	Köysilukko, taka	Kiireosa! -->koneistus (Kingelin)	projekti	AISI 304	1	x	
P	B	Köysilukko, etu	-	projekti	AISI 304	1	x	
		Lähtölukko:						
P	A	Lähtölukko	Kiireosa! -->koneistus (Kingelin)	projekti	AISI 304	1	x	
P	B	Lähtölukko, sylinterialusta	-	projekti	AISI 304	1	x	
		Etuköysipyörä:						
P	B	Etuköysipyöräteline	Kiireosa! -->koneistus (Lehtigroup)	projekti	AISI 304	1	x	
P	-	Etuköysipyöräteline, kulmakannake	-	projekti	AISI 304	2	x	
		Traileriosia:						
P	D	Varapyöräteline	nostokorvake, mutterit	projekti	AISI 304	1		
P	B	Varapyöräteline, korva1	-	projekti	AISI 304	2		
P	C	Varapyöräteline, korva2	-	projekti	AISI 304	1		
-	-	Varapyöräteline, vinssi	pultit, kysy asentajilta!	projekti	-	1		
P	E	Rampin teline	-	projekti	AISI 304	1		
P	-	Lokasuojateline	-	projekti	AISI 304	4		
		Mustat:						
		Traileri:						
P	E	Traileri	-	projekti	musta	1		
P	F	Traileri, keskirunko	hitsataan traileriin	projekti	musta	1		
		Muut mustat:						
P	-	Asennustasokannake	-	projekti	musta	1		
P	A	Etupyöräteline	-	projekti	musta	1		
		Tukijalat:						
P	-	Tukijalka, yläosa (oikea)	latta&holkit Huom! tarkista paikka!	musta/märkä	-	2		
P	-	Tukijalka, yläosa (vasen)	latta&holkit Huom! tarkista paikka!	musta/märkä	-	2		
		Alumiinit:						
		Voimalaitekotelo:						
P	B	Voimalaitekotelo	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		
P	-	Voimalaitekotelon takaluukun kehys	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		
P	C	Voimalaitekotelon takaluukku	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		
P	C	Voimalaitekotelon ovi	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		
		Polttoainesäiliö:						
P	A	Polttoainesäiliö	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		
P	A	Polttoainesäiliön kansi	--> kokoonpanoon	projekti	alumiini	1		

LIITE 6: MAALAUSLISTAESIMERKKI

								
		Maalausosat						
Drawing	Part name	Huomioitavaa	Paint	Material	Pcs		029	
	Pitkät osat:							
P	E Traileri	tarkistus!	projekti	musta	1		x	
P	E Keskiramppi	tarkistus!	projekti	AISI 304	1		x	
P	F Takaramppi	tarkistus!	projekti	AISI 304	1		x	
P	- L-profiili, takavasen	loveus, karhennus	projekti	alumiini	1		x	
P	- L-profiili, takaoikea	loveus, karhennus	projekti	alumiini	1		x	
	Traileriosia:							
P	A Eturangasteline	-	projekti	musta	1			
P	A Eturangasteline, panta	-	projekti	musta	1			
P	- Asennustasokannake	-	projekti	musta	1			
P	A Takavaroituskylttiline	-	projekti	alumiini	1			
P	D Varapyöräteline	-	projekti	AISI 304	1			
P	B Varapyörätelinekorva1	-	projekti	AISI 304	2			
P	- Putkimutka2, rk60	tarvittaessa	projekti	AISI 304	1			
P	- Äärivalojen levennys	tarvittaessa	projekti	AISI 304	1			
	Ramppiosia:							
P	- Johdetuki	kierteet	projekti	AISI 304	2		x	
P	- L-profiili, kulmaliitos1	reiät, huom. sisäkulma!	projekti/märkä?	alumiini	4		x	
P	- L-profiili, kulmaliitos2	reiät, huom. sisäkulma!	projekti/märkä?	alumiini	4		x	
P	A L-profiili, lyhyt	reiät, huom. sisäkulma!	projekti/märkä?	alumiini	42+		x	
P	A Rampin alusmutterilevyt	-	projekti	AISI 304	20+		x	
	Voimalaitekotelo:							
P	B Voimalaitekotelo	kehykset, saranat	projekti	alumiini	1			
P	B Voimalaitekotelo, välituki	-	projekti	alumiini	1			
P	A Voimalaitekotelo, kansi	saranat, tukilevyt	projekti	alumiini	1			
P	A Voimalaitekotelo, sarana3	jos ei paikallaan!	projekti	AISI 304	5			
	Märkämaalaus:							
P	A Työkälulaatikko	taso paikalleen!	projekti	alumiini	1			
	Käsinmaalaus:							
P	A Traileri-ramppi kiinnitysholkki	hitsauksen jälkeen!	käsinmaalaus	AISI 304	4			
P	D Aisan paikkamaalaus	rajoitinpultti, sokat	käsinmaalaus	musta	1			
P	- Köysipyöräkelkka, keskiakseli	akselin päät, paikoillaan!	käsinmaalaus	-	1			
	Punainen, pulverimaali:							
P	C Turvasokka, varsi	pultit	punainen, RAL3020	AISI 304	1			
P	A Turvasokka, jatkovarsi	pultti&mutteri	punainen, RAL3020	AISI 304	2			
	Musta, märkämaali:							
-	- Akseli	tuotekilven suojaus	musta/märkä	musta	1			
P	A Kasijarru	liike täysin ulos!	musta/märkä	musta	1			
P	- Tukijalka, yläosa (oikea)	alaosa irti! liike täysin ulos!	musta/märkä	musta	2			
P	- Tukijalka, yläosa (vasen)	alaosa irti! liike täysin ulos!	musta/märkä	musta	2			
P	D Tukijalka, alaosa	reiät!	musta/märkä	musta	4			
	Musta, pulverimaali:							
P	- Aisaluistintappi1	rei'itys	musta	AISI 304	1			
P	A Aisaluistintappi2	rei'itys	musta	AISI 304	2			
P	A Avain70	-	musta	AISI 304	1			
P	- Avain46	-	musta	AISI 304	1			
P	A Tukijalkatappi, L=219	rei'itys	musta	musta	4		x	
	Maalaamattomat:							
	Asennustasot:							
P	B/C Asennustaso, taka/vasen	Huom! Revisio!	-	alumiini	1			
P	- Asennustaso, taka/oikea	-	-	alumiini	1			
	Muut:							
P	- Pakoputki	-	-	AISI 304	1			
P	A Pakoputkimutka, äänenvaimennin	-	-	AISI 304	1			
P	B Pakoputkimutka, moottori	-	-	AISI 304	1			
P	- Sylinterikiinnityslaatta	-	-	AISI 304	8			

LIITE 7: HYDRAULIIKAN SÄÄTÖOHJE

Käyttöönotto/hydraulijärjestelmän säätö:

Käytä kaikkia hydraulilaitteita aluksi varovasti ja pumpkaa liikkeitä edestakaisin ennen lopullista säätöä! Katso, että öljy ei pääse loppumaan! Seuraa koko ajan mahdollisia vuotoja!

1) Rampin kallistus/RAMP TILTING

a. Säätö1(18):

i. Alin venttiilipaketti, oikealla toinen venttiili

ii. Lukitus: kiintoavain14

iii. Säätö: kiintoavain10

iv. Säätöruuvia kiinni → paine laskee

v. Jos paine on aloitettaessa liian pieni, ramppi ei lähde edes nousemaan → aukaise säätöruuvia

1. Rampin nostosylinteriä liikutetaan tyhjäkäynnillä täysin auki, kun varsi on täysin ulkona, liike loppuu säätö (S1) arvoon 75bar. Mittari (250bar) mittauspiste MB1:seen(29.2). Mittarin arvo liikkueessa ylöspäin 45-55bar, alaspäin 70-90bar, varren ollessa aivan sisässä paine nollaan.

b. Säätö2(14.3):

i. Alin venttiilipaketti, oikealla ensimmäinen venttiili

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

iv. Säätöruuvia auki → liike helpottuu/paine laskee

1. S2 säädetään siten, että edelliset arvot toteutuvat/ovat lähellä. Tällöin rampin ei pitäisi tippua/vajota painostaan eikä laskeminen ahdistaa liikaa. Mittauspisteessä MA1(29.1) arvot pitäisi olla laskiessa noin 55-65bar ja täysin alhaalla ollessa alkaen kasvaa tästä kohti maksimipainetta.

2) Palautussylinteri/PULL BACK

a. Säätö3(14.1):

i. Toiseksi alin venttiilipaketti, vasen puoli

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

1. Ei merkitystä, säätöruuvi kierretään täysin kiinni, jolloin venttiili on täysin auki eikä vastusta lainkaan virtausta.

b. Säätö4(14.1):

i. Toiseksi alin venttiilipaketti, oikea puoli

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

1. Säätöruuvien pitäisi päästä pyörimään noin 4 kierrosta. Säädön pitäisi olla aika hyvin kohdallaan kun säädetään säätövaran puoliväliin eli säätö 2 kierrosta jommastakummasta ääripäästä. Jos tarve vaatii, lopullinen säätö tehdään myöhemmin kun paine-ilmasyylinterissä on täydet paineet. Tällöin säädettävä siten, että sylinterit pitävät.

3) Öljynlasku

a.

Pumpkaa öljyä palautussylintereihin ajanalla muutaman kerran edestakaisin. Lisää öljyä tankkiin ajettaessa. Täytä tankki puolilleen kun palautussylinterit ovat niin ulkona kuin tässä vaiheessa on mahdollista. (Huom! keltaka lähtöluhkossa mutta ei kielitä työtantteenä!) Tällöin palautussylinterit sisään ajettuina öljysäiliö pitäisi olla täynnä. Öljyä menee noin 125 litraa. Kaasua lisäämällä nopeutat liikettä.

4) Maksimi paine/MAX PRESSURE

a. Säätö5(22.1):

i. Venttiililohko, vasemmalla alhaalla

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

iv. Säätöruuvia auki → paine laskee

v. Päämittari lohkoissa oikealla alhaalla

1. Moottorin käydessä täysillä kierroksilla ja palautussylinteriä ajettaessa pohjaa vasten säätö arvoon 220-230bar (päämittari, M1(32)).

5) Köydenkireitys/ROPE TIGHTENER

a. Säätö6(17): Ei merkitystä, säätöruuvi kierretään täysin kiinni

i. Venttiililohko, ylhäällä alempi

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

1. Ei merkitystä, säätöruuvi kierretään täysin kiinni, jolloin venttiili on täysin auki eikä vastusta lainkaan virtausta.

b. Säätö7(19.1):

i. Ylin venttiilipaketti, oikealla

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

iv. Säätöruuvia auki → paine laskee

1. Säätö arvoon 5bar varren työntäessä ulos pohjaan tyhjäkäynnillä. Mittaus pisteestä MA4(29.7), 25bar:n mittarilla.

c. Säätö8(24):

i. Ylin venttiilipaketti, vasemmalla

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

iv. Säätöruuvia auki → paine laskee

1. Kuristus. Säätö siten, että sylinteri liikkuu sisään tarpeeksi hitaasti tyhjäkäynnillä. (Mittauspisteessä MA4(29.7) sisään liikuttaessa noin 2-5bar ja mittauspisteessä MB4(29.8) ulos liikkueessa noin 3-7bar.)

d. Säätö9(19.2):

i. Lohkon ulkopuolelle asennettava venttiili, voimalaitteen takana

ii. Lohkon ja venttiilin välinen kuristusnipa K1(28) täytyy olla poistettuna säädön aikana

iii. Lukitus: kiintoavain14/15

iv. Säätö: kuusioavain5

v. Säätöruuvia auki → paine laskee

1. Säätö arvoon 15bar moottorin käydessä tyhjäkäynnillä sylinterin vetäessä täysin pohjaan. Mittaus venttiiliä ennen olevasta ulkopuolisesta mittayhteestä M5(31) ensiksi suuremmalla mittarilla ja lopulta 25bar:n mittarilla. Mittauspisteestä MB4(29.8) saadaan arvoksi noin 20bar.. Säädön jälkeen kuristusnipa muistettava laittaa paikalleen!! Kuristuksen jälkeen paineeksi mittauspisteessä M5 saadaan 50-55bar.

6) LAUNCH SHOCK ABSORBER

a. Säätö10(22.2):


i. Venttiililohko, ylhäällä ylempi

ii. Lukitus: kiintoavain14/15

iii. Säätö: kuusioavain5

1. Säätö arvoon 75bar laukaistaessa sylinterin liikkueessa. Aikaa noin 10 sekuntia. Mittaus päämittarista M1(32). Tämä säätö on muistettava tehdä ensimmäisten käyttökertojen yhteydessä joko käyttäjien tai asentajien toimesta!

LIITE 8: MUUTOSTIEDOTEPOHJA

	MUUTOSTIEDOTE	
	Asiakas:	Dok.nro:
Projektinnumero:	Asiakkaan tilausnumero:	Päiväys:

Muutoksen kohde	
Muutoksen tekijä	
Muutoksen kuvaus 	Piir. nro.
	Liitteet:
Perustelut muutokselle	
Muutoksen laajuus 	Piir. nro.
Muutoksen aikataulu	
Kustannukset	

Hyväksyjät Nokian NPT Oy	[Asiakas]
------------------------------------	------------------